# O CICLO HIDROLÓGICO

## e suas variabilidades

### no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba

**ORGANIZADORES**

Raimundo Mainar de Medeiros
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Wagner Rodolfo de Araújo
Rita de Cassia Cunha Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Cristiano José da Silva

Editora Poisson

**Organizadores**

Raimundo Mainar de Medeiros
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Wagner Rodolfo de Araújo
Rita de Cassia Cunha Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Cristiano José da Silva

# O ciclo hidrológico e suas variabilidades no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba

1ª Edição

Belo Horizonte
Editora Poisson
2026

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M282o
O ciclo hidrológico e suas variabilidades no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba / Organização: Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Wagner Rodolfo de Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva – Belo Horizonte MG: Editora Poisson, 2026. 229 p.

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-708-7
DOI: 10.36229/978-65-5866-708-7
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Ciclo Hidrológico. 1. MEDEIROS, Raimundo Mainar de 2. HOLANDA, Romildo Morant de 3. SABOYA, Luciano Marcelo Fallé 4. ARAÚJO, Wagner Rodolfo de 5. SABOYA, Rita de Cassia Cunha 6. CAVALCANTI, Kyriale Vasconcelos Morant 7. SILVA, Cristiano José da 8. Título

CDD-577

SÔNIA MÁRCIA SOARES DE MOURA – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.
Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

# *Organizadores*

## Romildo Morant de Holanda

Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) e em Psicologia pelo Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU). É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e em Gestão da Qualidade na Construção Civil pela Universidade de Pernambuco (UPE). Atualmente, é coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE) e professor das disciplinas Materiais de Construção, Construções Sustentáveis, Gestão da Qualidade, Gestão da Produção, Higiene e Segurança do Trabalho e Gerenciamento de Resíduos Industriais. Tem experiência nas áreas de garantia e controle de qualidade, redução de desperdício na indústria da construção, sistemas integrados de gestão, gestão e reaproveitamento de resíduos, reuso de água, planejamento físico-financeiro e orçamentário, além de custos ocultos. Seus campos de pesquisa incluem gerenciamento de resíduos industriais, gestão de recursos naturais, inovações tecnológicas, novos materiais, sustentabilidade, desperdício e eficácia de processos e sistemas. Líder do grupo de pesquisa CITAR – Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais (UFRPE), registrado no CNPq.

## Raimundo Mainar de Medeiros

Pós-doutor e ex-pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco (2016–2018). Doutor em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2016), mestre em Meteorologia (1990) e graduado em Meteorologia (1985) pela Universidade Federal da Paraíba. Possui especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (2005) e em Ciências Ambientais (2003), ambas pela Universidade Federal do Piauí. Tem ampla experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Dinâmica e Sinótica, atuando principalmente em temas como vapor d'água, água precipitável, divergência atmosférica, interpretação de imagens de satélite e previsão do tempo. No campo profissional, exerceu o cargo de Gerente de Hidrometeorologia (símbolo DAS-3) na Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí, de 6 de outubro de 2003 a 31 de dezembro de 2010. Prestou serviços à Secretaria do Desenvolvimento Rural – SDR, no Departamento de Hidrometeorologia, entre 1º de janeiro de 1995 e 31 de dezembro de 1999. Foi bolsista RHEA do CNPq no Departamento de Hidrometeorologia do Estado do Piauí entre 1990 e 1994. Possui experiência em instalação, manutenção e operação de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), aplicação de regressão múltipla, preenchimento de falhas e consistência de dados meteorológicos. Realizou estudos climatológicos para diversas finalidades, incluindo: construção de pontes; barragens de pequeno, médio e grande porte; adutoras; floricultura; piscicultura; apicultura; carcinicultura; olericultura; hortaliças; contenção de dunas; urbanização; reflorestamento; produção agrícola; zoneamento e aptidão agrícola; instalação de postos de combustível; projetos de esgotamento sanitário; abastecimento; abatedouros; geração de biodiesel; aeródromos e elaboração de boletins agrometeorológico.

## Cristiano José da Silva

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Técnico em Edificações pelo IFPE, Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (UNYLEYA) e Especialização em Engenharia Geotécnica (UNIP), Mestrado em Engenharia Ambiental (UFRPE). 39 anos de experiência no serviço público e privado em construção civil (edificações, saneamento e infraestrutura), laudos técnicos (vistorias e inspeções prediais), PGRS, Projetos, Gerenciamentos e consultorias. Pesquisador do grupo Citar/UFRPE, Ex-Assessor técnico do CREAPE, ex-conselheiro da ABENC-PE e Ex-Presidente da ABES-PE (2021-2023).

# *Organizadores*

## Luciano Marcelo Fallé Saboya

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1987), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (1995) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Atualmente é professor nível superior da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, arroz, agricultura familiar, adubação e caupi.

## Rita de Cassia Cunha Saboya

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Agronomia /Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente é pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, na Embrapa Algodão, atuando na área de Sistemas de Produção de Algodão, Amendoim, Gergelim e Mamona. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, principalmente nos seguintes temas: sistema de produção, desenvolvimento rural, caupi, fruticultura (abacaxi, banana, maracujá) e produção de sementes.

## Wagner Rodolfo de Araújo

Agrimensor, bacharel em Geografia (2023), especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias (2023); Curso de Especialização em Geoprocessamento (2023); Curso de Especialização em Georreferenciamento (2023); Discente do Programa de Pós-Graduação em Geoprocessamento - IFBA; Discente do Programa de Pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica - IFFARROUPILHA. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Processamento de dados geoespaciais, Uso de drones, GNSS, QGIS, AutoCAD, SIG, Modelagem, Topografia. Exerceu na Associação dos Fornecedores de Cana de Pernambuco AFCP, o cargo de Agrimensor, atuando no georreferenciamento dos Engenhos produtores de Cana-de-açúcar da zona da mata de Pernambuco no período de Julho de 2011 a Setembro de 2013; Exerceu na Associação dos Fornecedores de Cana de Pernambuco AFCP, o cargo de Agrimensor, atuando no processamento e análise de dados e o georreferenciamento dos Engenhos produtores de cana-de-açúcar da zona da mata de Pernambuco no período de Julho de 2011 a Setembro de 2013; Colaborador técnico da Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional FADURPE, no período de Outubro de 2013 a Julho de 2020 no Programa de Monitoramento do Rio são Francisco durante o período de vazão reduzida, desenvolvendo modelagem e automação de fluxos em geotecnologias, topografia aplicada ao monitoração dos processos erosivos nas margens do Rio São Francisco nos estados de Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe; Atualmente Geomensor no 3 Centro de Geoinformação (antiga 3 Divisão de Levantamento 3DL), executando processamento e análise de dados geoespaciais (vetoriais e matriciais), uso de drones, tecnologias GNSS, QGIS, ferramentas de programação para SIG; Atualmente Consultor técnico na DWGEO, assessorando estudos em geotecnologias com apoio da topografia para a viabilização de projetos.

## Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco (2015). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Engenharia Química, atuando principalmente nos seguintes temas: oxidases, filamentous fungi, enzymes, electrons shuttles e biocélula combustível (bcc). Concluiu em dezembro de 2019 o mestrado, também em engenharia química, na Universidade de São Paulo (USP), na área de termodinâmica de separações de misturas.

# *Apresentação*

As mudanças climáticas, os eventos extremos, secas prolongadas e escassez hídricas persistem em serem os pilares da discussão, com pesquisas que não apenas diagnosticam os problemas, e ainda sugerem aberturas para a adaptação e mitigação. A socio ecologia surge como um campo de estudo fundamental, conectando as interações entre sociedade e meio ambiente. Exploramos ainda a importância da governança eficaz na gestão dos recursos naturais, hidrológicos e ambientais, visando melhorias para as comunidades.

O ciclo hidrológico vem passando por modificações repentinas e brutas, quanto ao uso da água em quantidade e qualidade, armazenamento, excedentes e deficiências, visando o conforto da população e dos seres vivos. Ao se aborda de águas naturais para uso agrícola (irrigação), não se adotar padrões rígidos, visto que, há influência de diversos elemento como química, porosidade do solo, condições climatológicas, orografia, vegetação dentre tantos outros elementos e variáveis.

A estimativa correta da evapotranspiração é um subsídio para quantificar a quantidade real de água a ser fornecida ao solo no monitoramento da irrigação. Portanto, estimar a evapotranspiração de forma precisa contribuir para o uso racional dos recursos hídricos naturais e reduz os custos de produção.

***Romildo Morant de Holanda***
Dr. Prof. Universidade Federal Rural de Pernambuco

# SUMÁRIO

**Capítulo 1:** Cômputo e suas influências evatranspirativas no balanço hídrico climatológico ..... 10
Raimundo Mainar de Medeiros, Wagner Rodolfo de Araújo, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Rita de Cassia Cunha Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.01

**Capítulo 2:** Flutuações térmicas e pluviais médias mensais no período, 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil ..... 21
Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Rita de Cassia Cunha Saboya, Wagner Rodolfo de Araújo
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.02

**Capítulo 3:** Distribuição quinquenal da evapotranspiração e temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba ..... 29
Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Wagner Rodolfo de Araújo, Romildo Morant de Holanda
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.03

**Capítulo 4:** Oscilações térmicas máximas e evapotranspirativas mensais pelos métodos de haregreaves-samini 1, 2 e 3 no período, 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras ..... 39
Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.04

**Capítulo 5:** Flutuação da evapotranspiração quinquenal no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba ..... 49
Romildo Morant de Holanda, Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.05

**Capítulo 6:** Chuva versus evapotranspiração quinquenal do povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba ..... 59
Romildo Morant de Holanda, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Wagner Rodolfo de Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Cristiano José da Silva
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.06

**Capítulo 7:** Cômputo da evapotranspiração por diferentes métodos analíticos no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024 ..... 66
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Romildo Morant de Holanda
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.07

# SUMÁRIO

**Capítulo 8:** Tendência evapotranspirativos do povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba ..... 79
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Cristiano José da Silva, Romildo Morant de Holanda, Rita de Cassia Cunha Saboya, Wagner Rodolfo de Araújo
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.08

**Capítulo 9:** Variabilidade anômala da evapotranspiração no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil ..... 93
Luciano Marcelo Fallé Saboya, Cristiano José da Silva, Romildo Morant de Holanda, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcant, Rita de Cassia Cunha Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.09

**Capítulo 10:** Comparativos de modelos analíticos de evapotranspiração para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba ..... 107
Luciano Marcelo Fallé Saboya, Romildo Morant de Holanda, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Rita de Cassia Cunha Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.10

**Capítulo 11:** Oscilações hídricas de sete em sete anos e seu comparativo ..... 117
Cristiano José da Silva, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Romildo Morant de Holanda, Rita de Cassia Cunha Saboya, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.11

**Capítulo 12:** Ribeira de cabaceiras e suas variações climáticas em desempenho ao armazenamento de água no solo ..... 131
Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Romildo Morant de Holanda, , Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Luciano Marcelo Fallé Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.12

**Capítulo 13:** Sustentabilidade ambiental utilizando-se de..... 143
Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda, Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Luciano Marcelo Fallé Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.13

**Capítulo 14:** Estimativa das condições hídricas usando o cômputo ..... 152
Luciano Marcelo Fallé Saboya, Romildo Morant de Holanda, Wagner Rodolfo de Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.14

# SUMÁRIO

**Capítulo 15:** Oscilações pluviais e do balanço hídrico..... 160
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Wagner Rodolfo de Araújo, Romildo Morante de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Luciano Marcelo Fallé Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.15

**Capítulo 16:** Ribeira de cabaceiras – Paraíba – brasil e suas oscilações no balanço hídrico sequencial..... 168
Wagner Rodolfo de Araújo, Romildo Morante de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Cristiano José da Silva, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Rita de Cassia Cunha Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.16

**Capítulo 17:** Comparativos do balanço hídrico 2010 - 2022 com o balanço de 2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, brasil..... 179
Wagner Rodolfo de Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Cristiano José da Silva, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morante de Holanda, Rita de Cassia Cunha Saboya
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.17

**Capítulo 18:** Classificação climática de thornthwaite e köppen para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, brasil utilizando do cálculo do balanço hídrico climatológicos ..... 189
Wagner Rodolfo de Araújo, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morante de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.18

**Capítulo 19:** Estimativa e classificação temporal erosiva empregando diferentes modelos de chuva no povoado ribeira de ..... 200
Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morante de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Wagner Rodolfo de Araújo
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.19

**Capítulo 20:** Variabilidade interanual do balanço hídrico para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010-2023..... 211
Rita de Cassia Cunha Saboya, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morante de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Wagner Rodolfo de Araújo, Cristiano José da Silva
**DOI:** 10.36229/978-65-5866-708-7.CAP.20

# Capítulo 1

## Cômputo e suas influências evatranspirativas no balanço hídrico climatológico

*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Romildo Morant de Holanda*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*

**Resumo:** Estimar as taxas evapotranspirativos por diferentes métodos e comparando-os entre si, avaliar seus resultados e implicações na utilização do balanço hídrico (BH) climatológico no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil entre 2010-2024. A precipitação foi obtida por interpolação Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado. As temperaturas máxima, média e mínima, foram geradas pelo software eletrônicos. A umidade do ar, foi obtida por interpolação das estações meteorológicas circunvias. Os dados da Radiação solar no topo da atmosfera foram computados por Medeiros (2025). Utilizou-se do computo do BH e sequencial para visualização e amostragem da influência da evapotranspiração. Os métodos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2; Hargreaves-Samani 3; e Baier-Robertson, registram índices evapotranspirativos próximos, com pequenas flutuações mensais diferenciadas, recomenda-se suas aplicabilidades no local de estudo. As estimativas de Camargo (1971) e Camargo modificado, sobre e subestimam os valores ETo, estes dois métodos devem ser evitados suas aplicabilidades na região. O modelo Schendel registrou dados de ETo inferiores ao modelo de Camargo (1971) e próximos aos demais modelos em estudo, porém não se recomenda a sua aplicação na área trabalhada. Os métodos poderão a vim acessória no projeto de irrigação, monitoramento de água, reservatórios e abastecimento da água na área trabalhada, sobretudo para os irrigantes de pequenas áreas os quais não têm as informações meteorológicos.

**Palavras-chave:** Necessidade hídrica; Balanço hídrico; Evapotranspiração; Monitoramento e gerenciamento hidrológicos.

## INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional, e as atuações das mudanças e das ocorrências dos eventos extremos, seguidamente das necessidades de aumento da produção de alimentos mundial pressiona à expansão de áreas agricultáveis do mundo (FAO, 2012), impulsionando, também, nas irrigações das áreas onde a chuva não atende adequadamente às necessidades hídricas dos cultivos.

Vicente et al, (2018) demonstraram ser necessário verificar a quantidade hídrica da região, como sendo básico o conhecimento da demanda evapotranspirométrica, por ser um elemento fundamental é de suma importância sua aferição, e compreensão da dinâmica e no uso eficiente da água na agricultura, abastecimento e sobrevivência humana (IPCC, 2019), ocasionando alterações na produtividade das culturas, e possam ter a sua sustentabilidade comprometida, e resultando em populações mais vulneráveis devido a dependência que estes têm da produção de alimentos local (Abd-Elmabod et al., 2020; Ali et al., 2021; Martins et al, 2019).

Para os autores (Ongaratto et al., 2020) o planejamento das soluções hídricas, e a estimativa do poder evapotranspiradas de referência, são utilizadas para diversas utilizações, projetos e manobra da área irrigada, mais para projetos ambientais através de modelos climatológicos e estudos de balanço hídrico (BH), podendo ser utilizado como uma estratégia de gerenciamento para os recursos.

A produtiva agrícola e o clima tem demonstrado ser um dos fatores ambientais que vem induzindo nas considerações da sazonalidade, o que pode ocasionar um terço dessa sazonalidade para melhores atividades (Leng et al., 2016). Segundo (Lamichhane et al., 2019; Palosuo et al., 2021), a obtenção de dados sobre o clima e suas implicações, são incrementos produtivos.

O cômputo evapotranspirativos são largamente empregada em diversos campos, como agronomia, engenharia agrícola, necessidades reais de água das culturas hidrologia, climatologia, meteorologia, ecologia e ciências ambientais (Liu et al., 2019; Peng et al., 2019; Tasumi, 2019; Oliveira et al., 2018). Sentelhas (2001), que definiu a evapotranspiração com as características da cultura por: superfície vegetada com grama, com altura de 8 a 15 cm, com crescimento ativo, sem restrição hídrica, cobrindo todo solo.

A estabilização de água na superfície Global é afetada diretamente pela evapotranspiração, volvendo a avaliação desse elemento climática muito enorme nas matérias que visam entender a dinâmica do ciclo d'água para a área estudada (Araújo et al 2020). Segundo ainda os autores, incluir variáveis nas mudanças e nas alterações globais da evapotranspiração, carecemos de mais estudos e evidências sobre o elemento evapotranspiração no nosso país, para compreender a sua dinâmica e aprimorar as pesquisas.

Medeiros et al. (2014) analisando as oscilações evapotranspiradas em Campina Grande – Paraíba, onde a ETP totaliza 1.076,8 mm, fluindo de 105,4 mm em dezembro a 71,3 mm em agosto. Estas oscilações foram provocadas por alta magnitude da radiação solar, rajada de ventos, nuvens e variabilidade da temperatura.

França et al, (2021) conferiram os modelos empíricos Hargreaves, Hargreaves-Samani, Camargo e Thornthwaite com o modelo padrão de Penman-Monteih, para Amparo de São Francisco – Sergipe. Concluíram-se que o modelo de Penman-Monteith, superestimando a ETo em estudo, comparada aos demais métodos.

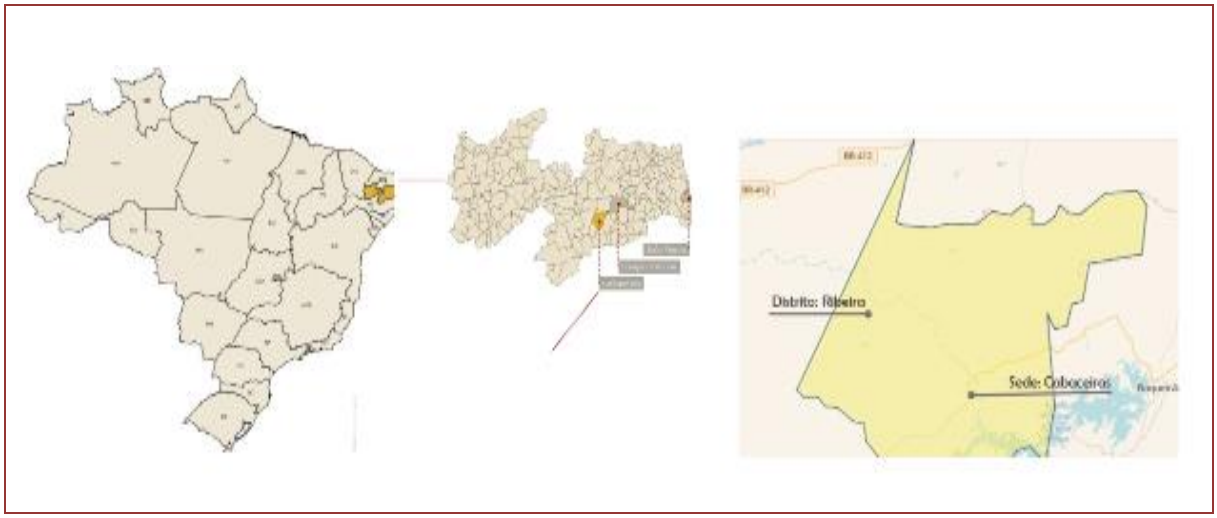
Medeiros et al. (2020) utilizaram a krigagem para especializar os fatores evaporação, precipitação e evapotranspiração com 75% de possibilidade para 187 cidades pernambucanos, onde utilizou-se das estações do ano primavera, verão, inverno e outono nas regiões: litorânea, Agreste pernambucano e Mata setentrional. Os autores forneceram informações por meios de mapas aos técnicos, engenheiros e aos poderes governamentais Municipal, Estadual e Federal. Nas estações inverno e primavera as pluviometrias registradas foram ocorrentes dos sistemas locais, orográfico e provocando chuva moderada em curto tempo. Os autores indicam que o método Thornthwaite pode ser aplicada.

Com este intuito o presente trabalho, tem como finalidade estimar as taxas evapotranspirativos por diferentes métodos e comparando-os entre si, avaliar seus resultados e implicações na utilização do BH no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil entre 2010-2024.

## MATERIAL E MÈTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras posiciona-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, localizada na parte mais baixa do Planalto da Borborema (Figura 1). Localiza-se na latitude 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com 391 m. (AESA 2025) (Figura 1).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira, na Paraíba e na América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

A região, tem uma grande irregularidade pluvial, onde as chuvas ocorrentes são provocadas pelo Vórtices Ciclônicos de altos níveis, Zona de Convergência Intertropical, linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, ventos de nordeste, a convergência umidade troca de calor (Medeiros, 2025). Sendo uma área do bioma Caatinga, tem uma vegetação ajustada às condições de clima semiárido, com árvores e arbustos de pequeno porte, espinhosos e com folhas grossas que ajudam a reduzir a perda de água (Silva et al., 2013). A quantificação do BH mensal (correspondente a junção entre escoamento superficial e armazenamento), nos anos 2010 a 2024, se deu pela diferença entre a precipitação acumulada mensal (mm) e a evapotranspiração real mensal (ET) (mm), sendo essa última dada pela junção da evaporação e da transpiração das plantas.

A precipitação foi obtida por interpolação aplicando-se a Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista). As temperaturas máxima, média e mínima, foram geradas pelo software em planilhas eletrônicas. A umidade, foi obtida por interpolação das estações meteorológicas circunvias. As taxas radiação solar no topo da atmosfera foi computada por Medeiros (2025).

O BH climatológico normal e sequencial é um ótimo indicador da disponibilidade hídrica, é fundamentado no princípio da conservação de massa e examina os insumos de entrada e saída do sistema (Tucci et al., 2009). Para tanto utilizou-se das planilhas eletrônicas desenvolvida por Medeiros (2019).

As estimativas da ETo, foram fundamentados na temperatura, conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Métodos de cálculos da ETO, fundamentados na temperatura (T) e radiação (Ra).

| Métodos | Equações | Referência |
|---|---|---|
| Hargreaves-Samani-1 | $ETo=0,408*0,0030*(T+20)*(T_{max}-T_{mim})^{\wedge 0,4}*R_o$ | Droogers;Allen (2002) |
| Hargreaves-Samani-2 | $ETo=0,408*0,0023*(T+16,8)*(T_{max}-T_{mim})^{0,5}R_o$ | Droogers;Allen (2002) |
| Hargreaves-Samani-3 | $ETo=0,408x0,0025*(T+17,8)*(T_{max-mim})\wedge 0,424*R_o$ | Trajkovic (2007) |
| Camargo | $ETo=0,408 * F * R_o * T$ | Araújo et al.(2012) |
| Camargo modificado | $ETo=0,408 * F * R_o * (0,36 * (3 *(T_{max}-T_{mim})))$ | Araújo et al.(2012) |
| Thornthwaite | $Etp = 16 * (10 * T/i)^a$ | Thornthwaite (1948) |
| Schendel | $ETo = 16 *(T/UR)$ | Tabari et al. (2013) |
| Baier-Robertson | $ETo=0,157*T_{max}+0,158*(T_{max}-T_{mim})+0,109*R_o-5,39$ | Yang et al, (2021) |

Legenda: T = Temperatura média; $T_{máx}$ = Temperatura máxima; $T_{mim}$ = Temperatura mínima; $R_o$ = Radiação no topo da atmosfera; F = Fator de alinho da temperatura; UR = umidade ar; F é elemento de alinho com a temperatura anual (F= 0,01 para T < 23 °C; F= 0,0105, para T = 24 °C; F= 0,011, para T = 25 °C; F= 0,0115, para T = 26 °C; e F= 0,012, para T > 26°C). troca do índice "I" pelo índice "T", representando a temperatura anual da região (Mazieiro et al., 2021).

Fonte: Adaptável por Medeiros (2025).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Algumas das formas de se computar a evapotranspiração, são os métodos indiretos, os quais acoplado a um banco de dados com algumas variáveis que irão compor os cálculos, contudo atentar as necessidades de se ter dados disponíveis, caso contrário, isso pode dificultar a estimativa do e/ou dos métodos estudados (Allen et al., 1998).

Na Figura 2, ver-se as oscilações médios mensais das evapotranspirações computadas por Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3; Camargo (1971) e Camargo modificado; Thornthwaite (1953); Schendel e Baier-Robertson, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

Os modelos de estimativas Camargo (1971) e Camargo modificado, sobre e subestimam os dados da ETo, estes dois métodos devem ser evitados suas aplicabilidades na área trabalhada.

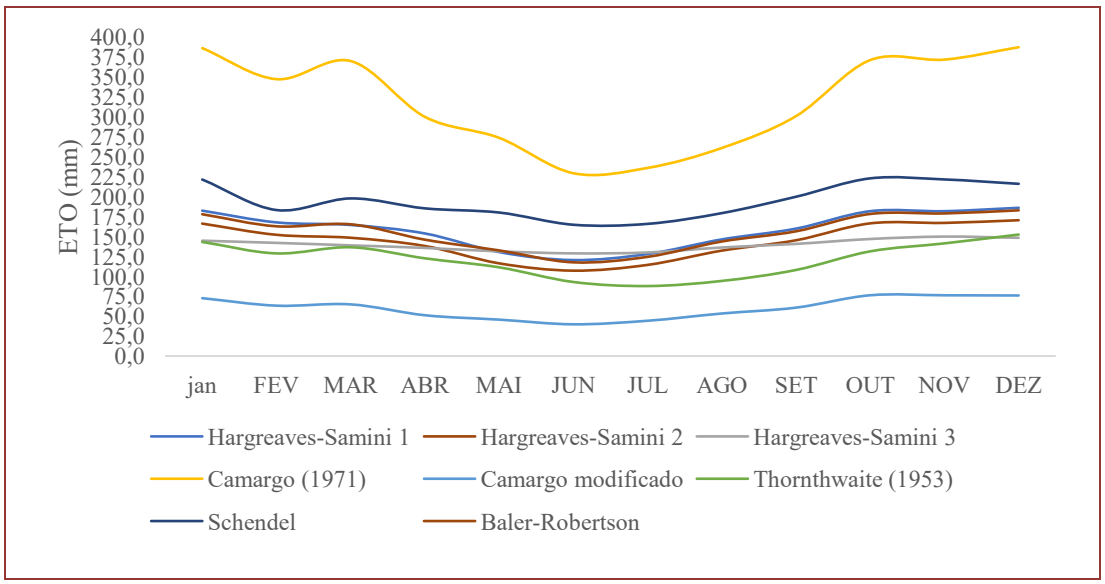
O modelo Schendel registrou dados de ETo inferiores ao método de Camargo (1971) e próximos aos outros métodos em estudo, porém não se recomenda a sua aplicação na área trabalhada, por apresentar valore evapotranspirativos acimas dos

modelos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3 e Baler-Robertson

Os modelos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2; Hargreaves-Samani 3; e Baier-Robertson, registram índices evapotranspirativos próximos, com pequenas flutuações mensais diferenciadas, recomenda-se suas aplicabilidades na região.

O modelo de Thornthwaite, onde ao oscilações evapotranspiradas registram disparidade de setembro a dezembro, quando comparados aos métodos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2; Hargreaves-Samani 3; e Baier-Robertson. Esta variabilidade está em conformidade com as altercações de Araújo te al, (2020). As discussões de Marengo et al, (2012) tem similaridade pluviais em seus estudos, assim como, o de Lensi et al, (2020).

**Figura 2:** Valores médios mensais das evapotranspirações computadas pelos métodos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3; Camargo (1971) e Camargo modificado; Thornthwaite (1953); Schendel e Beier-Robertsons, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

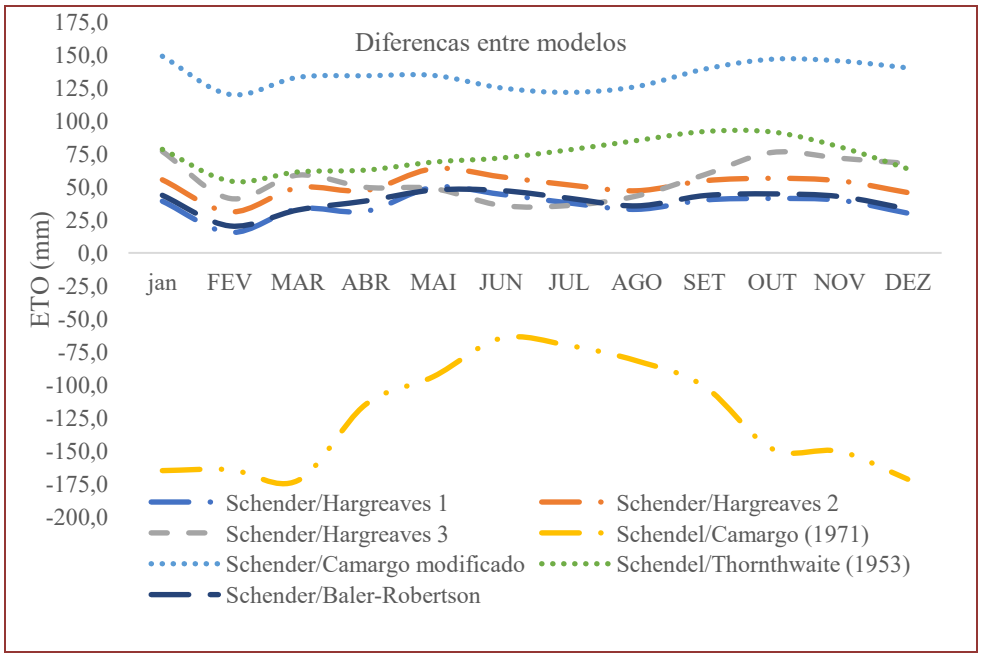



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 3 – Porcentagem da diferença média mensal da evapotranspiração, calculados pelos modelos de Schendel. Para os métodos Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3; Camargo (1971) e Camargo modificado; Thornthwaite (1953) e Beier-Robertons, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

O modelo de Schendel utilizados para se calcular as diferenças, observa-se que estas diferenças maiores se centraN nos métodos Camargo (1971) e Camargo modificado. As diferenças entre os restantes dos modelos ficam próximas entre si. Similaridades foram detectadas também por Araújo et al, (2021).

**Figura 3:** Porcentagem da diferença média mensal da evapotranspiração, calculados pelos métodos de Schendel. Para os métodos Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3; Camargo (1971) e Camargo modificado; Thornthwaite (1953) e Beler-Robertons, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 1 tem-se os dados percentuais mensais evapotranspiradas versus pluviometria, para os modelos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3; Camargo (1971) e Camargo modificado; Thornthwaite (1953); Schendel e Beier-Robertsons, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

Destaca-se os valores evapotranspiradas entre os métodos ocorridos de agosto a dezembro, que registram os maiores índices evapotranspirativos, ocasionados pela ausência de cobertura rasteira e de arborização, incêndios, radiação solar direta a superfície, baixa incidência de nuvens e a influência térmica, não foram registrados excedentes, a capacidade de água disponível de 100 mm foram insuficientes para registrarem excedentes hídricos, corroborando com a pesquisa desenvolvida por Araújo et al. (2021).

De janeiro a julho registrou-se variabilidades evapotranspirativos reduzidas entre os métodos, ocasionadas pelas variabilidades pluviais, os movimentos ascendentes, contribuições da mesoescala e microescala, auxiliados pelos efeitos local e regional, ocasionada pela menor incidência de radiação e consequente menor temperatura, influenciando assim nos valores calculados. Estas oscilações contribuir com as implicações encontradas por Araújo et al, (2021) e França et al, (2021).

**Tabela 1:** tem-se os dados percentuais mensais evapotranspiradas versus pluviometria, para os modelos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2 e Hargreaves-Samani 3; Camargo (1971) e Camargo modificado; Thornthwaite (1953); Schendel e Beier-Robertsons, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

| Meses/ Modelos | Hargreaves - Samini 1 | Hargreaves - Samini 2 | Hargreaves - Samini 3 | Camargo | Camargo modificado | Thornthwaite | Schendel | Baler-Robertson |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 509,2 | 463,8 | 404,0 | 1078,6 | 202,7 | 399,6 | 618,4 | 496,6 |
| Fevereiro | 560,1 | 508,0 | 474,2 | 1160,2 | 211,1 | 430,1 | 611,8 | 543,7 |
| Março | 254,8 | 229,9 | 215,1 | 573,3 | 100,4 | 211,4 | 306,4 | 256,0 |
| Abril | 245,1 | 220,1 | 216,2 | 478,3 | 81,6 | 195,4 | 295,3 | 232,7 |
| Maio | 224,4 | 200,1 | 226,0 | 471,1 | 78,6 | 191,5 | 309,8 | 228,0 |
| Junho | 234,1 | 208,3 | 250,5 | 446,0 | 77,4 | 180,6 | 320,3 | 228,6 |
| Julho | 358,3 | 320,1 | 363,7 | 660,6 | 123,9 | 245,8 | 464,2 | 348,4 |
| Agosto | 805,3 | 727,8 | 749,5 | 1436,4 | 293,7 | 518,5 | 986,6 | 790,9 |
| Setembro | 3270,7 | 2971,9 | 2878,9 | 6158,1 | 1242,8 | 2209,5 | 4089,4 | 3201,9 |
| Outubro | 2254,1 | 2064,4 | 1821,3 | 4605,0 | 945,9 | 1629,2 | 2764,8 | 2210,9 |
| Novembro | 2620,7 | 2408,7 | 2161,3 | 5363,1 | 1099,2 | 2038,4 | 3195,0 | 2580,1 |
| Dezembro | 975,8 | 894,0 | 778,4 | 2032,7 | 398,7 | 799,7 | 1133,6 | 959,1 |
| Anual | 481,2 | 435,9 | 423,1 | 970,0 | 68,9 | 366,8 | 591,3 | 376,8 |

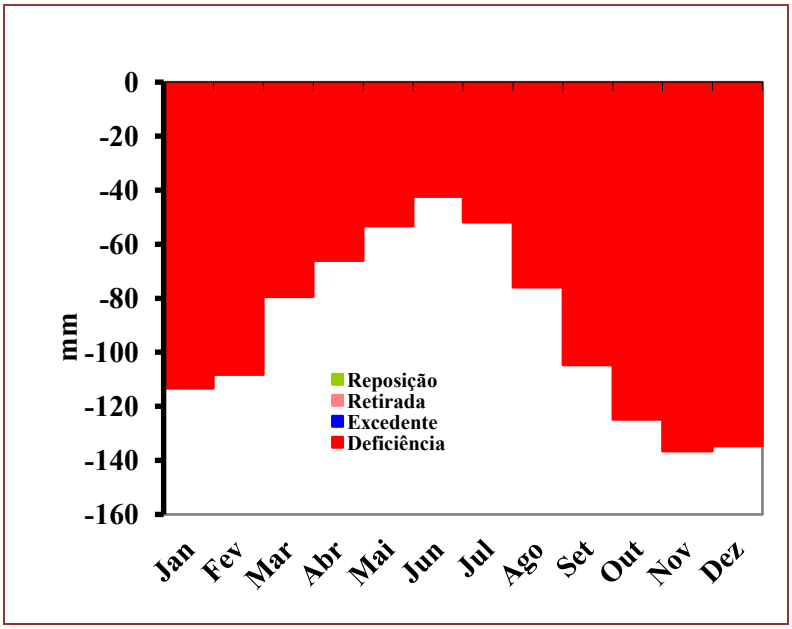
Fonte: Medeiros (2026).

Holanda et al. (2019) e Matos, et al. (2018) destacam que o BH é obtido computando a disponibilidade hídrica e sua demanda, por meio da pluviometria, poder evapotranspirativos armazenamento d'água pelo excesso e a deficiência hídrica. Por meio das informações dos fluxos de chuva como entrada e a evaporação como saída d'água no solo é possível se obter no BH os períodos de deficiência e excedente hídrico, fornecendo informações valiosas aos pequenos agricultores, pesquisadores e tomadores de decisões, entre tantas outras aplicações.

Medeiros (2022) concretizou o cômputo do BH sequencial para São Bento do Una - Pernambuco, propendendo determinar os subsídios do represamento e armazenamento d'água, em analogia à crise hídrica, suscitando e disponibilizando subsídios para preparação de novos planejamento e projeto. Os conflitos climáticos têm causado alterações no BH nos últimos dias para a região. A deterioração ambiental e os efeitos da ação antrópica vêm antecipando o processo de mudança climáticas regional, afetando diretamente as condições do regime pluvial e seus armazenamentos d'água no solo. Fazendo com que a necessidade da captação d'água de chuva e de outras fontes de armazenamento auxilie a sobrevivência humana, animal, vegetal e contribua para os setores agropecuários e em particular para o âmbito avícola da região.

Em conformidade os valores evapotranspiradas e a falta de excedentes hídricos, com predominância forte a moderada, ocasionando deficiências hídricas assegurando que nenhuma ou quase pouca contribuição na nas influências evaporativas do balanço foram adicionais.

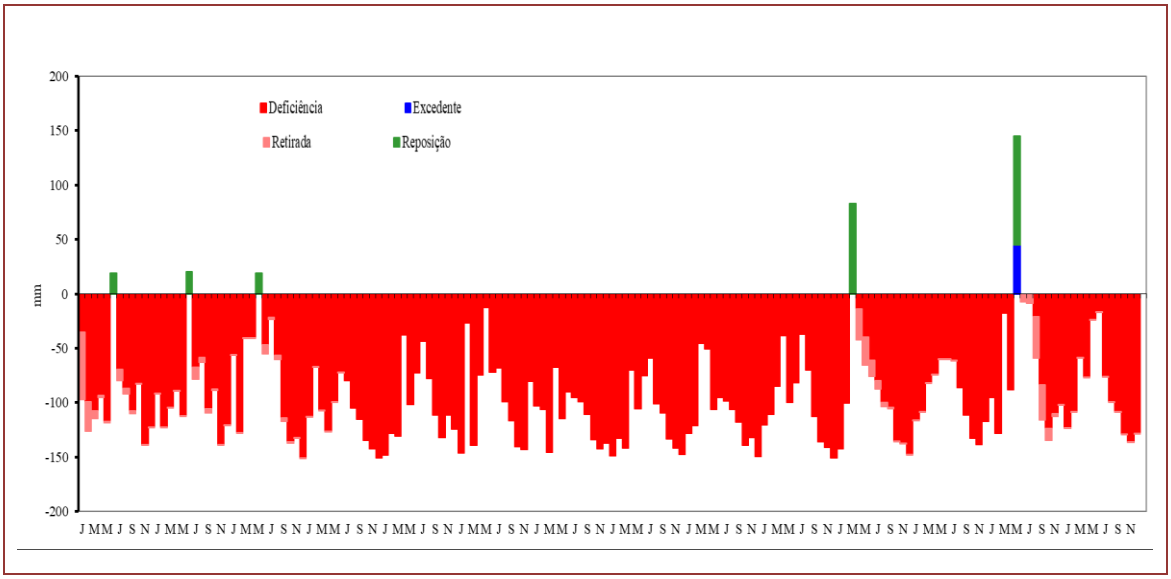
**Figura 4:** Esboço do balanço hídrico normalizado para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.




Fonte: Medeiros (2026).

As representações dos excedentes e deficiências hídricos, das reposições e retirada de água do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, estão alocadas na figura 8. A predominância das deficiências hídricas e das retiradas de água no solo registra-se na maior parte dos anos estudados, visto que a capacidade de campo (CAD 100 mm) não foram necessárias para suprir as necessidades do solo, as pequenas variabilidades de excedentes isoladamente registram-se em anos isolados, similaridade de discussões ocorrem também nos estudos de França et al (2019) e Matos et al (2020).

**Figura 5:** Esboço do balanço hídrico sequencial para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÕES

Os modelos de Hargreaves-Samani 1; Hargreaves-Samani 2; Hargreaves-Samani 3; e Baier-Robertson, registram índices evapotranspirativos próximos, com pequenas flutuações mensais diferenciadas, recomenda-se suas aplicabilidades na região.

Os métodos de estimativas Camargo (1971) e Camargo modificado, sobre e subestimam os valores ETo, estes dois métodos devem ser evitados suas aplicabilidades na região.

O modelo Schendel registrou dados de ETo inferiores ao modelo de Camargo (1971) e próximos aos demais modelos em estudo, porém não se recomenda a sua aplicação na área trabalhada.

As influências dos índices evapotranspirativos estão interligados aos fatores climáticos global, local e regional e aos sistemas transientes em atuações.

O para a localidade estudada os métodos poderão a vim auxiliar no planejamento e gerenciamento de irrigação, monitoramento de água, reservatórios e abastecimento da água. na região, principalmente por parte dos pequenos irrigantes que não têm acesso aos dados meteorológicos.

As informações do balanço hídrico e suas análises dos fatores meteorológicos como temperatura, precipitação, evapotranspiração real e potencial, índice de aridez e umidade constitui-se uma ferramenta indispensável na disponibilidade hídrica, deficiências e excesso hídricas, irrigação, armazenamento.

## REFERÊNCIAS

**[1]** ABD-ELMABOD, S.K. et al. Climate change impacts on agricultural suitability and yield reduction in a Mediterranean region. Geoderma, Amsterdam, v. 374, n. 4, p. 114453, 2020.

**[2]** ALI, U. et al. 2021. Climate change impacts on agriculture sector: A case study of Pakistan. Ciência Rural, Santa Maria, v. 51, n. 8, 2021.

**[3]** ALVARES C.A.; STAPE J.L.; SENTELHAS P.C.; GONÇALVES J.L.M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, p.711-728, 2014. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

**[4]** ARAÚJO, W.R.; MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V.; Espacialização da evapotranspiração na bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE, Brasil. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, v. 8, n. 3, p. 205-218, 2020.

**[5]** CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Bragantia, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125 137, 2000.

**[6]** CAMARGO, A.P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; PICINI, A.G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n.2 , p. 251-257, 1999.

**[7]** CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Rev. Bras. Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

**[8]** CAMARGO, A.P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1971.

**[9]** FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARÚJO, W.R. Research, Society and Development, v. 10, n. 13, e514101321505, 2021.(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21505.

**[10]** HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and Evaluation of Hargreaves Evapotranspiration Equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Slough, v. 129, p. 53–63, 2003.

**[11]** HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph, v. 1, p. 96–99, 1985.

**[12]** HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Estimating potential evapotranspiration. Journal of Irrigation and Drainage Engeneering, Slough, v. 108, p. 225-230, 1982.

**[13]** HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Pantaneira, V. 16. Pag. 57 - 68, UFMS, Aquidauana-MS, 2019.

**[14]** INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. (eds.)]. In press. 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf.

**[15]** KIM, H.J.; CHANDRASEKARA, S.; KWON, H.H.; KIM, T.W. A novel multi-scale parameter estimation approach to the Hargreaves-Samani equation for estimation of Penman-Monteith reference evapotranspiration. Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 275, 2023.

**[16]** LAMICHHANE, J.R.; CONSTANTIN, J.; AUBERTOT, J.N.; DÜRR, C. Will climate change affect sugar beet establishment of the 21st century? Insights from a simulation study using a crop emergence model. Field Crops Research, Amsterdam, v. 238, p. 64–73, 2019.

**[17]** KÖPPEN W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, P.388. 1931

**[18]** KÖPPEN W.; GEIGER R. "Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes". Wall-map 150cmx200cm. 1928.

**[19]** MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. 303–422. 2012.

**[20]** MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; HOLANDA, R.M.; WAGNER R.B.; SALATIEL E. Balanço hídrico e seus comparativos com 1996-2005, 2006-2015 em relação a 2015 no município de São Bento do Una - PE. E-Acadêmica. v.3, p.e7532226, 2022.

**[21]** MEDEIROS, R.M. Ribeira de Cabaceiras – Paraíba – Brasil e suas oscilações no balanço hídrico sequencial. Oscilações e variabilidades climáticas no povoado Ribeira de Cabaceiras / Paraíba, Brasil / Moacyr Cunha Filho et al ... [et al.], org. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2024. 236 p.: il. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3

**[22]** MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; BORGES, V.E.; SOBRINHO, T.G.; DANTAS NETO, J.; SABOYA, L.M.F. (2018). Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online] 12. 10.7127/RBAI.V12N100732.

**[23]** MAZIERO, L.; FREDERICK, S.; CREMASCO, C.; PUTTI, F.; GABRIEL FILHO, L.R.A. Modelagem neuro-fuzzy da evapotranspiração de referência baseada no método de camargo. Irriga, Botucatu, v. 1, p. 489-505, 2021.

**[24]** LIU, Z.; YAO, Z.; WANG, R. Simulation and evaluation of actual evapotranspiration based on inverse hydrological modeling at a basin scale. Catena, Amsterdam, v. 180, p. 160-168 2019.

**[25]** MARTINS, M.A.; TOMASELLA, J.; DIAS, C.G. Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: Impacts and adaptation. Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 216, n. 8, p. 339–350, 2019.

**[26]** OLIVEIRA, J.Â.M.; OLIVEIRA, C.M.M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos–MG. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.

**[27]** ONGARATTO, J.M.; BORTOLIN, T.A. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência no município de São José dos Ausentes (RS), Brasil. Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v. 26 n. 5, p. 979-987, 2021.

**[28]** PALOSUO, T.; HOFFMANN, M.P.; RÖTTER, R.P.; LEHTONEN, H.S. Sustainable intensification of crop production under alternative future changes in climate and technology: The case of the North Savo region. Agricultural Systems, Essex, v. 190, p. 103135, 2021.

**[29]** PENG, L.; ZENG, Z.; WEI, Z.; CHEN, A.; WOOD, E.F.; SHEFFIELD, J. Determinants of the ratio of actual to potential evapotranspiration. Glob. Change Biol., Oxford, v. 25, p. 1326-1343, 2019.

**[30]** SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. Irrigação. Piracicaba: Funep, 2001.

**[31]** TASUMI, M. Estimating evapotranspiration using METRIC model and Landsat data for better understandings of regional hydrology in the western Urmia Lake Basin. Agr. Water Manage., Amsterdam, n. 226, 2019.

**[32]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water budget and its use in irrigation. *In:* The Yearbook of Agriculture - Water. Washington, D.C. Department of Agriculture, 1955. 74

**[33]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, New York, p. 55-94, 1948.

**[34]** VICENTE, M.R. et al. Evapotranspiração de referência utilizando o método FAO Penman-Monteith com dados faltantes. Global Science Technology, Rio Verde, v. 11, n. 03, p. 217-228, 2018.

# Capítulo 2

## *Flutuações térmicas e pluviais médias mensais no período, 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil*

*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Romildo Morant de Holanda*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Wagner Rodolfo de Araújo*

**Resumo:** A aproveitamento de técnicas estatísticas é de ampla validação na climatologia, por tratar-se de um conhecimento de observações e suas regulares ao longo do tempo. Para tanto, estudar as variabilidades de aumento nos índices pluviais médios, ocasionados pelo acréscimo da temperatura, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 e 2024. Os implementos dos cálculos, foram realizados por planilhas eletrônicas. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado e um gráfico com a representação pluvial e térmica média anual. As variáveis estudadas mostraram-se aptos ao cumprimento dos objetivos, de acordo com a pesquisa. O estudo demonstrou-se imprescindível para compreender e apontar dinâmicas que possam vir a se repetir futuramente. A influência da variabilidade térmica média é insignificante para a elevação pluvial estudada. Ocorreram reduções ou acréscimo de temperatura com o afastamento da quadra chuvosa e os efeitos sinóticos transientes regional e local.

**Palavras-Chave:** Regressão: Índices térmicos e pluviais; Técnicas estatísticas.

## INTRODUÇÃO

Para Back, (2001) tendência pode ser entendida com uma alteração continua e sistemática observada em uma série temporal, a qual reflete o grau de acréscimo ou diminuição em seus valores.

Segundo Tao et al, (2011) uma das consequências dos aumentos térmicos seria a ampliação da frequência de ocorrência e magnitude de determinados episódios hidrológicos e meteorológicos, em consequência a intensificação do ciclo hidrológico

As diversificadas pesquisas que envolvem oscilações térmicas diurna e/ou noturna, demostrarem que a oscilações térmicas noturna registrou acréscimo máxima que a diurna. Todavia, resultados exibidos por Tomozeiu et al. (2002); Sansigolo et al, (2010), mostrarão que as duas temperaturas podem apresentar redução, ainda que possam registrar acréscimo para alguns períodos sazonais.

Segundo Mourato et al., (2010) as alterações nas médias climáticas observadas de longo prazo, caracterizam as possíveis variações de mudanças climáticas. O termo mudança climático inclui todas as formas de inconstância climática, independentemente de sua natureza estatística ou de suas causas físicas.

Molina et al, (2020) averiguaram as disposições climáticas, em relação dos elementos climáticos tormentas e tempestades severas que atingem os Estados Unidos. Os autores, investigaram os movimentos da umidade relativa do ar usando o teste de Mann Kendall e regressão linear de longo prazo (1981-2017). As análises estatísticas discutidas observaram que a magnitude e a taxa de umidade vêm aumentado de 1980 até os dias atuais.

Oliveira et al, (2020) afirmaram que o aumento do setor urbano vem influenciando no clima local, em Belém do Pará entre 1980 e 2017, quando avaliaram o procedimento dos dados climáticos históricos utilizando regressão linear. Os autores trabalharam com os parâmetros intensidade do vento, umidade relativa do ar, precipitação, temperatura máxima, média e mínima. Os resultados mostraram que as ocorrências de acréscimo nas temperaturas estão sendo registrados, ao passo que a umidade relativa do ar e o vento estão reduzindo ao longo dos anos, ou seja, o clima local está ficando mais quente e seco.

Medeiros et al, (2021) registraram aumentos na variabilidade térmica média significativos no período anual para Patos (1975-2014) (0,04 °C/ano) e inconclusivas para São Gonçalo (1950-2016).

O IPCC (2007) relata aumento térmico médio do ar atmosférico como evidente, onze dos doze anos anteriores a 2006 foram os anos mais quentes da década 1850, início da medição das flutuações térmica do ar por instrumental, a 2006. Em conformidade ao relatório, registrou-se aumento linear na temperatura média global de aproximadamente 0,13 °C por década nos últimos 50 anos (1957 a 2006). Estes acréscimos foram superiores a duas vezes ao observado no período de 1850 a 1956.

IPCC (2023) - Intergovernmental Painel on Climate Change, o aquecimento global, entusiasmado pela humanidade e hoje em dia considerado com aumento de 1,1°C, vem ocasionando impactos e alterações expressivas no clima do planeta. Prever-se que os aumentos térmicos venham a se intensificar ainda mais sua magnitude dessas mudanças.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Painel on Climate Change – IPCC), essas tendências registradas no passado apresentam alta

probabilidade de continuarem com suas tendências no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

Objetiva-se estudar as variabilidades de aumento nos índices pluviais médios, ocasionados pelo acréscimo da temperatura, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024.

## MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, acopla-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e 391 metros, de altitude (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22°C) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura máxima, média e mínima (°C), obtidos pela planilha eletrônica Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2024, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). com a regressão linear empregada para determinar a tendência.

O gráfico de tendência corresponde a um gráfico simples, em coordenadas cartesianas, o qual descreve o comportamento de uma variável ao longo do tempo ou em função de outra variável. E é utilizado principalmente para identificar tendências de comportamento, dando assim uma perspectiva de eventos e/ou compreensão dos problemas em estudo (Lins, 1993).

O gráfico de dispersão é a forma padrão de considerar a interdependência entre duas variáveis de dados. Sendo o eixo x a representação de uma variável, o eixo y, a representação de outra, e cada ponto no gráfico um registro (Bruce et al., 2019). Sob o gráfico de dispersão é possível plotar a linha de tendência, a fim de visualizar a respectiva

tendência, dos dados ao longo do tempo e assim quantificar a natureza desse relacionamento, ou seja, se os dados possuem uma inclinação positiva, negativa ou se não há tendência significativa.

Utilizou-se de formulação matemática para conceber a linha de tendência que é fundamentada na regressão linear simples. A regressão linear simples estima precisamente o quanto y mudará quando x mudar em uma certa quantidade, com isso tenta-se prever a variável y a partir de x através de um relacionamento linear. A equação 1 descreve a fórmula geral da linha de tendência (Bruce et al., 2019):

$$y = b_0 + b_1 x \qquad (1)$$

Onde:

$y$ = é a variável dependente;

$b_0$ = é o intercepto (ou constante);

$b_1$ = é o declive para x; e

$x$ = é a variável independente.

As execuções dos cálculos, foram computadas por meio de planilhas eletrônicas Excel®. As análises dos resultados foram baseadas em cincos gráficos de tendência e quatros gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado.

Análise de regressão simples Segundo Montgomery (2009), análise de regressão é uma técnica estatística utilizada para modelar e investigar a relação entre duas ou mais variáveis, podendo ser utilizada para construir um modelo que irá prever o resultado de um processo com base nos valores observados.

Na análise de regressão simples usa-se uma variável como sendo explicativa, outra variável como sendo a preditora. A partir desta definição considera-se que a média da variável aleatória Y esteja relacionada linearmente com a variável aleatória X e, por conseguinte constrói-se a relação linear, sendo que a inclinação e a interseção da linha são denominadas coeficientes de regressão. Como o valor observado não cai exatamente sobre a linha, têm-se o termo do erro aleatório E com média zero e variância $\sigma^2$. As estimativas de beta zero e beta um são estimadas pelo método dos mínimos quadrados. Já para estimar $\sigma^2$ usa-se a soma dos quadrados dos erros que é um estimador não tendencioso de $\sigma^2$. Se o modelo for baseado apenas em observações, sem utilizar qualquer conhecimento teórico sobre as variáveis como modelo de regressão empírico.

Outra medida muito útil para identificar a adequação do modelo é o coeficiente de determinação ($R^2$). Sendo as variáveis aleatórias distribuídas conjuntamente seu valor corresponde ao quadrado do coeficiente de correlação entre duas variáveis. Esta estatística indica a quantidade da variabilidade nos dados explicada ou considerada pelo modelo de regressão. Baixo valor desta estatística indica que a variabilidade do modelo é pouco explicada, consequentemente altos valores desta estatística, indica que a variabilidade do modelo é bem explicada.

Os implementos dos cálculos, foram realizados por planilhas eletrônicas. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado e um gráfico com a representação pluvial e térmica média anual.

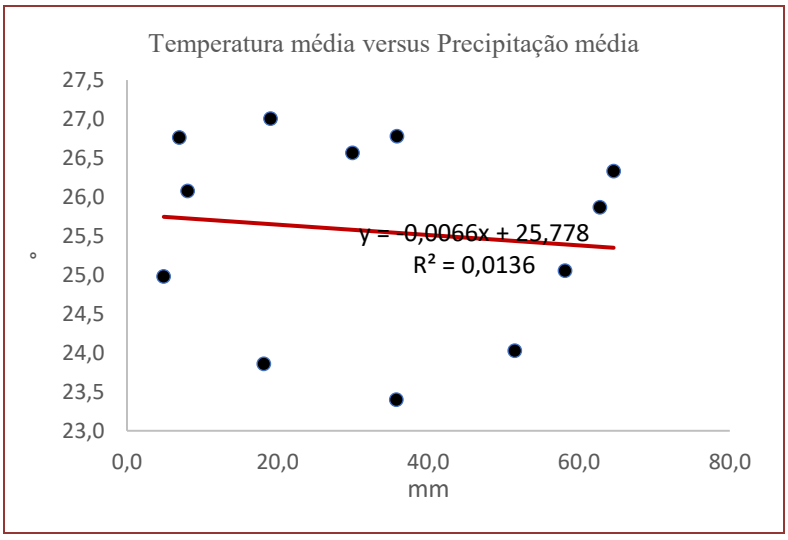
## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os subsídios das condições climáticas de uma área são imprescindíveis para que se possam pôr táticas, que visem as manobras e utilização adequado dos recursos naturais, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região (Sousa et al., 2010).

A análise de regressão procura analisar séries amostrais visando saber se as duas ou mais variáveis estão relacionadas entre si numa população. O coeficiente de correlação ($R^2$) mede o grau de relacionamento entre duas variáveis. Assim, o perfeito ajustamento das observações deve ter intercepto igual a 0 e uma inclinação ($R^2$ - coeficiente de correlação) igual a 1 ou 45°.

A equação da linha de tendência, entre temperatura e precipitação média está concebida na Figura 2, indica que, para cada redução da temperatura máxima reduz em média 1,3 mm/ano. O valor de $R^2$ = 0,0136 significa que apenas 1,36% da variação na temperatura média pode ser explicada pela oscilação pluvial. portanto, existe uma fraca correlação entre os elementos pluviais e térmicos médios para as condições em estudo. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

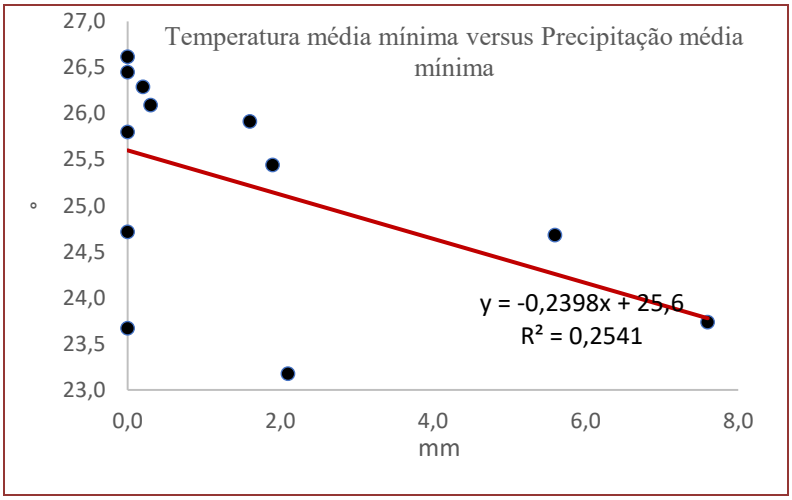
**Figura 2:** Relação entre temperatura média (°C) e precipitação média (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.




Fonte: Medeiros (2026).

Observam-se na Figura 3, que cada redução térmica média mínima se reduz aproximadamente 2,5 mm/ano. O valor de $R^2$ = 0,2541 significa que 2,5% da variação na temperatura média mínima, pode ser explicada pela oscilação pluvial. portanto, detecta-se fraca correlação entre os elementos pluviais e térmicos médios para as condições da área estudada. Diferenciando dos resultados detectados por Medeiros et al, (2021), os quais minutaram acréscimos na temperatura média anual para Patos (1975-2014) (0,04 °C/ano).

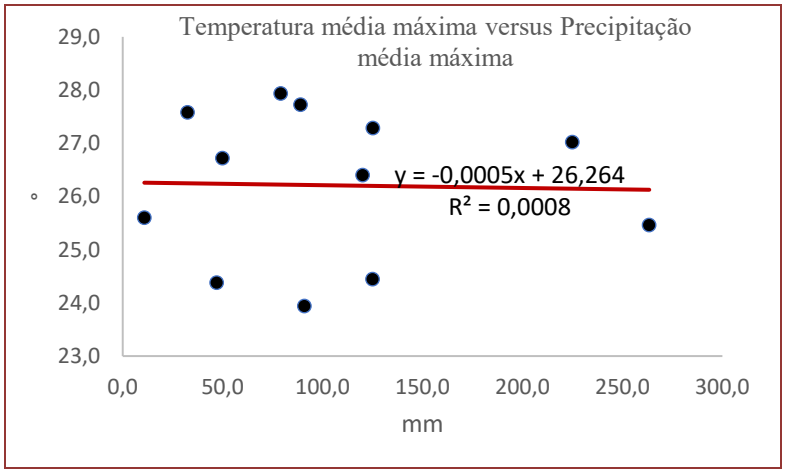
**Figura 3:** Relação entre temperatura média mínima (°C) e precipitação média mínima (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.




Fonte: Medeiros (2026).

Ressaltar a afinidade entre temperatura média máxima (°C) e precipitação média máxima (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024. A linha de tendência, entre os elementos estudados, indica pequena redução térmica máxima, o valor de R2 = 0,0008 significa baixíssima oscilação térmica média pode ser explicada pela oscilação pluvial. assim sendo, existe uma fraca correlação entre os elementos pluviais e térmicos médios para as condições em estudo. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

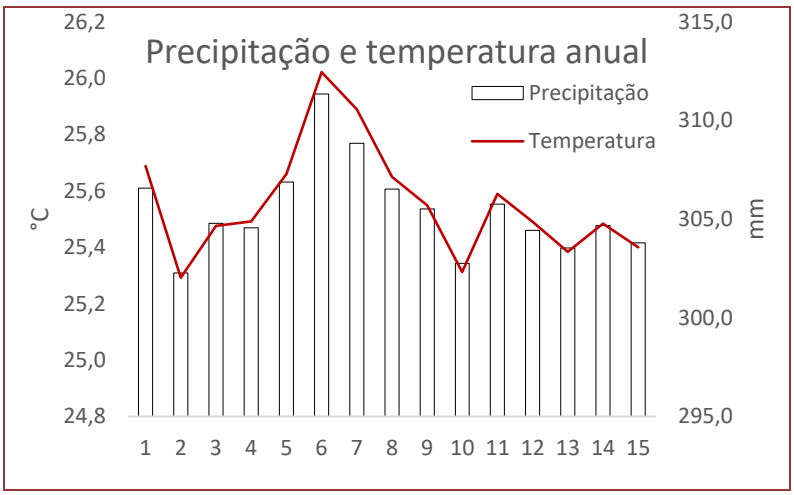
**Figura 4:** Relação entre temperatura média máxima (°C) e precipitação média máxima (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.




Fonte: Medeiros (2026).

**Figura 5:** , advertir para a variabilidade térmica e pluvial anual, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024. Destaca-se as irregularidades de ambos os elementos em estudo, que nos mostram seus acréscimos e reduções, ocasionados pelos efeitos regional e local. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

**Figura 5:** Variabilidade térmica e pluvial anual, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

As variáveis estudadas mostraram-se aptos ao cumprimento dos objetivos, de acordo com a pesquisa. O estudo demonstrou-se imprescindível para compreender e apontar dinâmicas que possam vir a se repetir futuramente.

A influência da variabilidade térmica média é insignificante para a elevação pluvial estudada. Ocorreram reduções ou acréscimo de temperatura com a condução da quadra chuvosa e suas performances regionais e locais.

As oscilações térmicas médias são ocasionadas pelos movimentos transientes atuantes na quadra chuvosa e seca, além dos conflitos com o meio ambiente e dos sistemas sinóticos de meso escala, acompanhadas das flutuações locais e regionais.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2026). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

**[3]** BACK, A.J. (2001). Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v. 36, p. 717-726.

**[4]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... SBMET, 1, 154-157.

**[5]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. (2016). Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, 10(1), 140-147. 2006. Editora@ufcg.edu.br. p.150.

**[6]** CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M.V.; LAGES, M.G.M.O.; HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

**[7]** IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: HOUGHTON, J.T. (Ed.). Climate Change. New York: Cambridge University Press, 2007.

**[8]** Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

**[9]** IPCC. Mudança do Clima 2023 – Relatório Síntese. IPCC, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-omcti/sirene/publicacoes/relatorios-doipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2 023_Portugues.pdf.

**[10]** IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

**[11]** KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

**[12]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

**[13]** MEDEIROS, S.E.L. et al. Influence of climatic variability on the electricity generation potential by renewable sources in the Brazilian semi-arid region. Journal of Arid Environments, v. 184, 2021.

**[14]** MOLINA, M.J.; ALLEN, J.T. Regionally-stratified tornadoes: Moisture source physical reasoning and climate trends. Weather and Climate Extremes, v. 28, n. October 2019, p. 100244, 2020.

**[15]** MOURATO, S.; MOREIRA, M.; CORTE-REAL, J. Interannual variability of precipitation distribution patterns in Southern Portugal. International Journal of Climatology, v. 30, n. 12, p. 1784–1794, 2010.

**[16]** MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros, 4º Edição, Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2009.

**[17]** SANSIGOLO, C.A.; KAYANO, M.T. (2010).Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in Southern Brazil for the 1913–2006 period. Theoretical and Applied Climatology.v. 101, p. 209-216.

**[18]** SOUSA, E.S.; LIMA, F.W.B.; MACIEL, G.F.; SOUSA, J.P.; PICANÇO, A.P. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas – TO. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém - PA, Anais on line, 2010.

**[19]** TAO, H.; GEMMER, M.; BAI, Y.; SU, B.; MAO, W. (2011). Trends of stream flow in the Tarim River Basin during the past 50 years: Human impact or climate change? Journal of Hydrology. v. 400, p. 1-9.

**[20]** THORNTHWAITE, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

**[21]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatolgoco Dg Estado da Paraíba,130, DV. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

**[22]** TOMOZEIU R.; BUSUIOC A.; STEFAN, S. (2002). Changes in seasonal mean maximum air temperature in Romania and their connection with large-scale circulation. International Journal of Climatology. v. 22, p. 1181-1196.

# Capítulo 3

## *Distribuição quinquenal da evapotranspiração e temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba*

*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Romildo Morant de Holanda*

**Resumo:** Estudar as oscilações quinquenal da evapotranspiração e temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 e 2014; 2015-2019; 2020-2024 e 2010-2024. O programa Estima_T, foi empregado para estimar a temperatura máxima do ar no Povoado Ribeira de Cabaceiras. A Evapotranspiração foram geradas pelo computo do balanço hídrico segundo a metodologia Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), O período de estudo corresponde a série evapotranspirativos e térmica referente a 2010-2024. Realizou-se o cômputo quinquenal térmico máximo e evapotranspirativos, para os referidos dados entre 2010-2014; 2015-2019; 2020-2024 e a do período 2010-2024, seguidamente de suas diferenças, com a finalidade de demonstrar suas flutuações de aumento ou decréscimo dos elementos em estudos. Estas flutuações, é um reflexo da variação espacial da temperatura máxima do ar mensal na área de estudo. As diferenças térmicas e evapotranspirativos entre os quinquênios 2010-2014 e 2015-2018 foram abaixo da normalidade, ou seja, negativas. Entre os quinquênios 2010-2024, as irregularidades predominaram, com tendencia positivas. Entre 2015-2019 e 2020-2024 as flutuações foram positivas. Uma inclusão mais penetrada das dinâmicas hidrológicas e suas implicações, futuras pesquisas devem focar em estudos de longo prazo que incorporem variáveis climáticas adicionais e diferentes cenários de uso do solo

**Palavras-chave:** Terras áridas; Ecossistema terrestre; Variável térmica e evapotranspirativos.

## INTRODUÇÃO

É de fundamental importância conscientizar a população sobre uso e utilização racional dos recursos hídricos, mostrando que cada vez mais para a sociedade que os uso e utilização dependem de um período de regeneração e que o uso irresponsável pode causar a escassez. Tais fatores já se comprovam em determinadas regiões do Brasil, onde é possível observar que a estiagem de chuvas ocasiona os baixos níveis de rios e reservatórios, prejudicando a produção agrícola e causando problemas como restrições de abastecimento.

As mudanças climáticas, particularmente a temperatura (Ballantyne et al., 2012 , Wang et al., 2024 ) e a precipitação (Liu et al., 2018 , Zhang et al., 2022), servem como principais impulsionadores dos fluxos de carbono do ecossistema (Jiao et al., 2024).

A característica acentuada da região Nordeste do Brasil (NEB), é a alta vulnerabilidade à seca, anexa notadamente com as altas temperaturas e ao déficit hídrico (Refati et al., 2023). Tendências de aumento nas flutuações térmicas, foram detectadas na região do NEB, (Costa et al., 2020; Silva et al., 2023), indicando um plausível acréscimo nos acontecimentos de seca, pois a evapotranspiração potencial é intensificada (Cabral Júnior et al., 2019), resultando em redução na quantidade de água do solo, que somada ao seu mau uso, vem ocasionando acréscimos nos riscos de desertificação em partes do NEB (Barbosa, 2024).

Segundo os relatos do (IPCC 2019; IPCC 2023) os eventos extremos climáticos vêm ocorrendo em maior frequência, ocasionados pelas mudanças climáticas nos padrões de chuva e disponibilidade hídrica, causando variabilidades na produção das culturas, ocasionando aos sistemas agrícolas uma sustentabilidade comprometida, resultando a população mais vulneráveis maior dependência de produção de alimentos local (Ali et al., 2021)

A evapotranspiração é uma das básicas componentes do ciclo hidrológico e do balanço hídrico, que anexa a pluviometria representam o clima de uma comarca e são empregadas como ferramenta de apoio à decisão para a gestão da água na agricultura e socioeconomia, mitigando os conflitos da insuficiência de água, assim como, evita o uso excessivo e o desperdício de recursos hídricos (Wanniarachchi 2022).

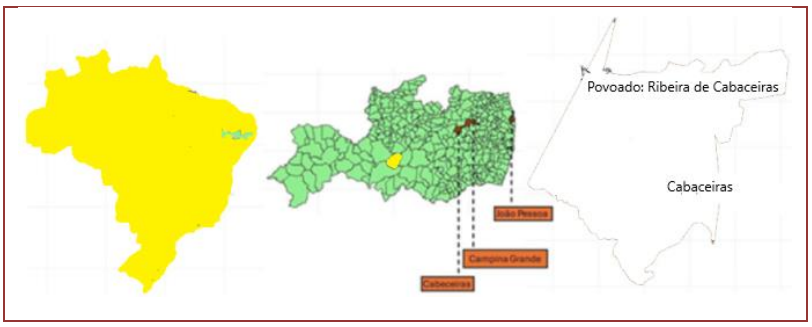
Para determinar às necessidades hídricas da planta, baseia-se no estudo da evapotranspiração (ETP), pois elas dependem fundamentalmente das condições microclimáticas, tais como precipitação, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar; das características das plantas, entre elas, cultivar, estágio vegetativo, índice de área foliar, extensão e profundidade das raízes e atividade metabólica da planta; e ainda da água disponível no solo (Ferreira, 1988).

Tem-se como objetivo estudar as oscilações quinquenal da evapotranspiração e temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2014; 2015-2019; 2020-2024 e 2010-2024.

## MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras limita-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista, localiza-se em 7º43’S e 36º36’W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o resultado da metodologia de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura (22°C). Conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

O programa Estima_T, foi empregado para estimar a temperatura máxima do ar no Povoado Ribeira de Cabaceiras. Este programa emprega o método da reta de regressão múltipla para o cômputo do referido parâmetro (Cavalcanti et al., 2006). A evapotranspiração foi gerada pelo cômputo do balanço hídrico segundo a metodologia Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), O período de estudo corresponde a série evapotranspirativos e térmica máxima de 2010-2024.

Realizou-se o cômputo quinquenal térmico máximo e evapotranspirativos, para os referidos dados entre 2010-2014; 2015-2019; 2020-2024 e a do período 2010-2024, seguidamente de suas diferenças, com a finalidade de demonstrar suas flutuações de aumento ou decréscimo dos elementos em estudos.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

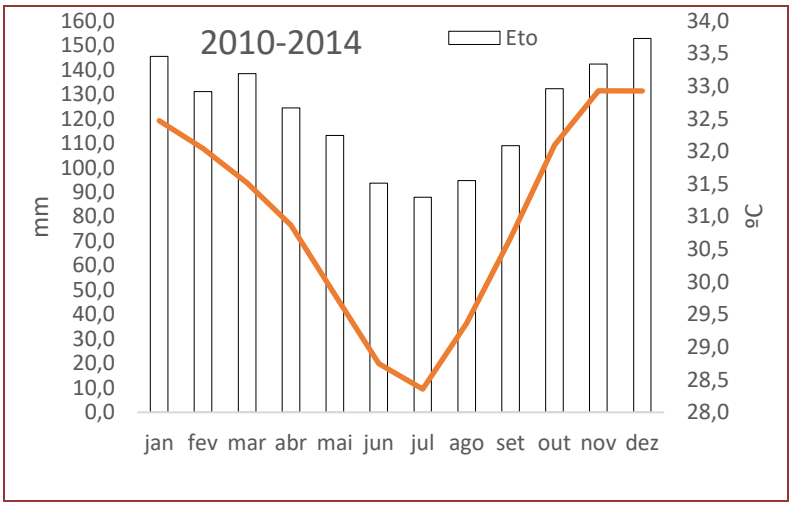
O acompanhamento dos índices climáticos e dos padrões espaciais de circulação atmosférica pode auxiliar na previsão de extremos chuvosos em diversas áreas do Globo, bem como na prevenção dos impactos associados aos desastres naturais hidrológicos. Projeções futuras mostram um aumento do risco de inundações e enchentes urbanas, causadas pelas mudanças no ciclo hidrológico, justamente em áreas com vulnerabilidade prévia a este tipo de desastre (IPCC, 2021; IPCC, 2022b).

A distribuição quinquenal da evapotranspiração (ETP) com a temperatura máxima (Tx) entre 2010-2014, na área de estudo está representada na figura 2.

A ETP anual é de 1465,2 mm e suas oscilações inter mensais fluem de 87,9 mm em julho a 152,8 mm em dezembro. Os meses de maiores e menores poderes evapotranspirativos registram de outubro a janeiro e de junho a agosto. A flutuação anual térmica é de 31,0°C, e suas oscilações fluem de 28,4°C em julho a 33,0°C nos meses de novembro e dezembro. De janeiro a julho ocorrem um decaimento gradativo térmico, ocasionado pelas ocorrências de chuvas, alta cobertura de nuvens, baixa taxa de radiação, movimentos convectivos ascendentes, seguidamente dos efeitos regionais e locais e dos

sistemas de meso e microescala. Os meses novembro/dezembro os índices térmicos igualam-se, entre agosto outubro os sistemas de meso e microescala, regional, local auxiliados pelos fatores climáticos, focos de incêndio e queimadas contribuem para os acréscimos térmicos e consequente a elevação da ETP.

**Figura 2:** Distribuição quinquenal da evapotranspiração com a temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2014.



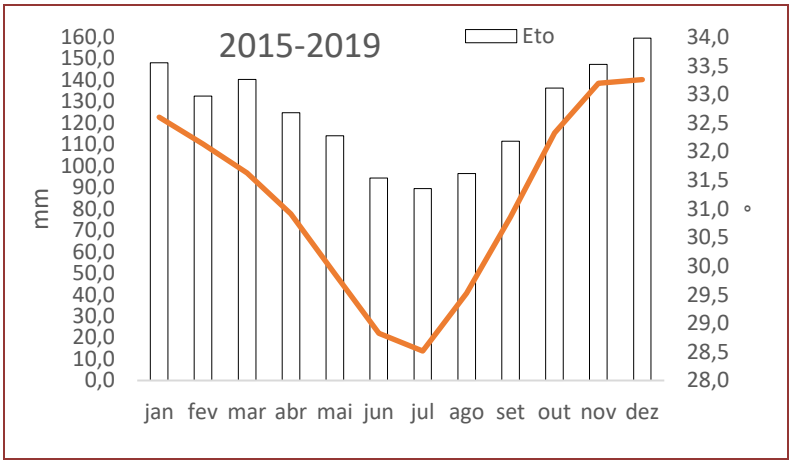

Fonte: Medeiros (2026).

A estabilização de água na superfície Global é afetada diretamente pela evapotranspiração, volvendo a avaliação desse elemento climática muito enorme nas matérias que visam entender a dinâmica do ciclo da água em cada área estudada (Araújo et al., 2023; Araújo et al., 2020). Conforme ainda os autores, incluir variáveis nas mudanças e nas alterações globais da evapotranspiração, carecemos de mais estudos e evidências sobre o elemento evapotranspiração no nosso país, para compreender a sua dinâmica e aprimorar as pesquisas.

No quinquênio 2015-2019 (Figura 3) registra ETP anual de 1494,8 mm, fluindo de 89,5 mm (julho) a 159,6 mm (dezembro). Fevereiro registra anomalia evapotranspirativos ocasiona por chuvas extremas, entre março a julho a ocorrência de decaimento gradual da ETP, causados pelas flutuações de meso e microescala e dos fatores atmosférico regional e local (Araújo et al 2021; Medeiros et al 2022). Agosto a dezembro os fatores atmosféricos se inverteram e ocasionaram acréscimo gradativos.

O trimestre de baixa ocorrência de ETP são os meses de junho/julho/agosto. Os meses de alto poder evapotranspirativos são novembro/dezembro/janeiro.

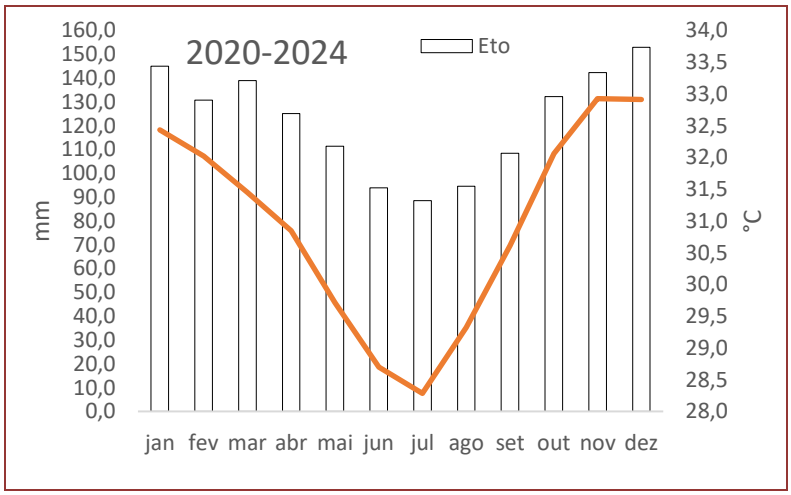
**Figura 3:** Distribuição quinquenal da evapotranspiração com a temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2015-2019.




Fonte: Medeiros (2026).

No quinquênio 2020-2024 (Figura 4), registra-se temperatura máxima de 30,9°C, ETP de 1463,5 mm. Meses de menor poder evapotranspirativos junho a agosto; e os meses de novembro a janeiro como de maior poder. Junho menor ocorrência térmica e ETP, maior ETP novembro e dezembro. Estudos similares foram detectados por Filho et al, (2024).

**Figura 4:** Distribuição quinquenal da evapotranspiração com a temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2020-2024.

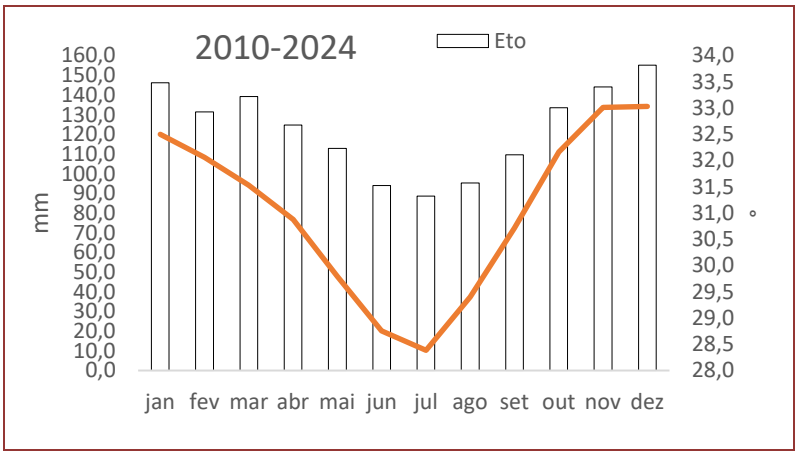



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 5 tem-se a distribuição evapotranspirativos e térmica máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024. Com temperatura máxima de 31,0°C e suas oscilações mensais fluindo de 28,4°C (julho) a 33,0°C (novembro e dezembro). Destaca-se uma redução gradual fluindo de 32,5°C (janeiro) a 28,4°C (julho). Registra-se de agosto (29,4°C) a novembro/dezembro acréscimo térmico de 33,0°C, tais flutuações estão interligadas aos fatores climáticos regional, local, de meso e microescala. Os meses frios da temperatura máxima do ar, corresponde a junho e julho e os quentes de novembro ao final da primeira quinzena de janeiro. (Medeiros 2020).

E evapotranspiração tem uma distribuição irregular e variável inter meses fluindo de 88,6 mm (julho) a 155,1 mm (dezembro), totalizando 1474,5 mm anual. Nos meses de fevereiro e março registra-se um decaimento e acréscimo evapotranspirativos, decorrentes de movimentos extremos térmico e pluvial. De abril a julho os índices evaporativos são reduzidos e de agosto a novembro acréscimos graduais, decorrentes das flutuações térmicas, radiação solar, cobertura de nuvens, velocidade do vento (Araújo et al,. 2021). Os meses de maiores e menor poder evaporativo são: outubro, novembro e dezembro e junho, julho e agosto. (Medeiros 2020).

**Figura 5:** Distribuição evapotranspirativos e temperatura máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.




Fonte: Medeiros (2026).

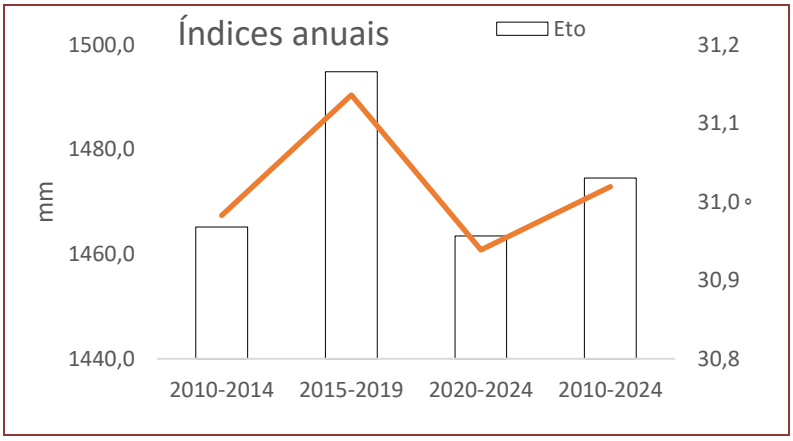
Na distribuição quinquenal evapotranspirativos e térmica máxima para o Povoado Ribeira de Cabaceiras (Figura 6), registram-se variabilidades térmicas fluindo de 31°C (2020-2024) a 31,3°C (2015-2019). As maiores oscilações evapotranspirativos e térmicas anuais registraram-se no quinquênio (2015-2019), decorrentes das maiores incidências de radiações, temperatura, baixa cobertura de nuvens, baixa velocidade do vento, focos de incêndios e atuação dos movimentos verticais descendentes, deixando o tempo claro e de céu limpo.

O quinquênio 2020-2024, registrou menores oscilações térmicas e evapotranspirativos anuais, pois foram registradas chuvas extremas, cobertura de nuvens, atuação dos movimentos verticais ascendentes, pequena taxa de excedente hídrico e as colaborações dos efeitos locais, regional e dos sistemas de meso e microescala.

No quinquênio 2010-2014, as flutuações térmicas e evapotranspirativos foram 1465,0 mm e 31,1°C, ocasionadas pelas flutuações de meso e microescala, efeitos regional e local.

No período 2010-2024 registra-se a segunda variações anuais dos elementos em estudos.

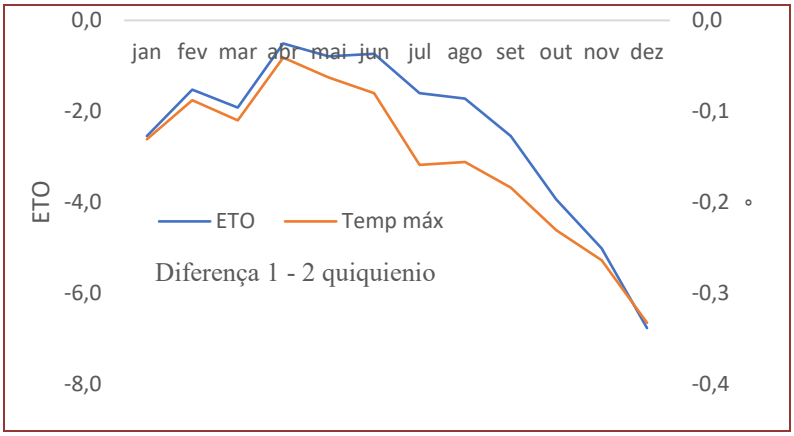
**Figura 6:** Distribuição evapotranspirativos e temperatura máxima entre 2010-2024 no Povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

As diferenças evapotranspirativos e térmica máxima entre os quinquênios 2010-2014 e 2015-2019 no Povoado Ribeira de Cabaceiras, estão demonstradas na Figura 7. Destaca-se flutuações negativas, ou seja, ocorrência de reduções evapotranspirativos e térmica máxima entre todo quinquênio estudado. Estas flutuações vêm a corroborar com as discussões do IPCC, (2021); IPCC, (2022).

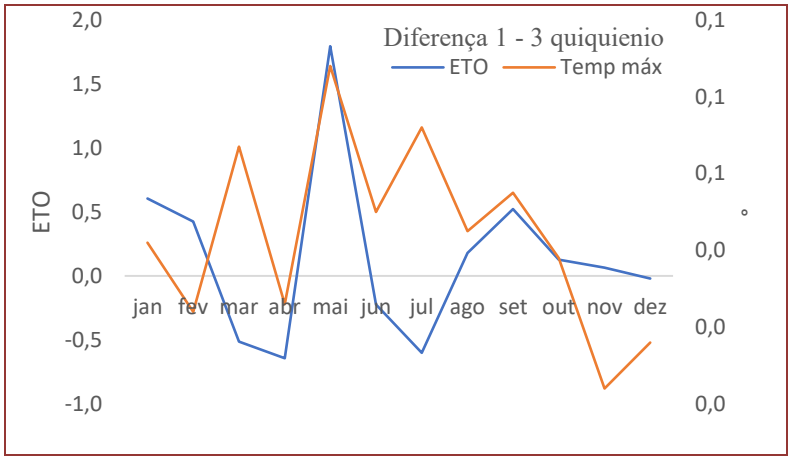
**Figura 7:** Diferença evapotranspirativos e térmica máxima entre os quinquênios 2010-2014 e 2015-2019 no Povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

Com distribuições irregulares e variáveis nas diferenças entre os quinquênios 2010-2014 e 2020-2024 (Figura 8), registra-se reduções nos índices de ETP nos meses de março, abril, junho e julho, nos demais meses a ETP registra uma diferença de 2,0 mm (maio). As flutuações térmicas fluíram positivas exceto nos meses de fevereiro, abril, novembro e dezembro, ocasionados por efeitos locais, regionais e pelos sistemas de meso e microescala, estas oscilações são decorrentes da região semiárida conforme afiram Marengo et al (2021); Medeiros et al (2022).

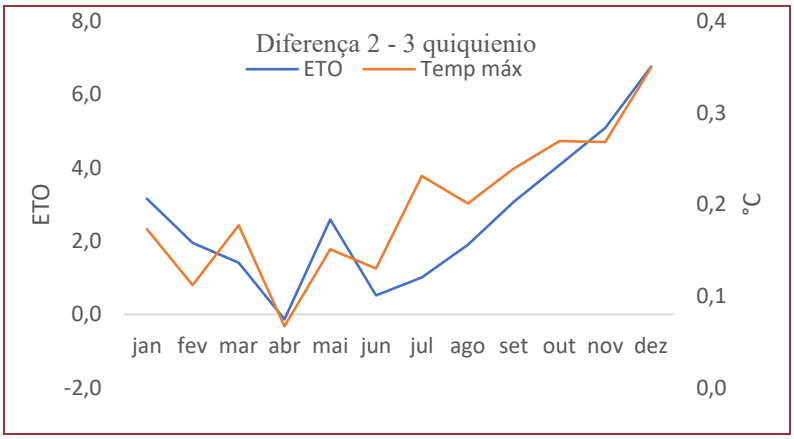
**Figura 8:** Diferença evapotranspirativos e térmica máxima entre os quinquênios 2010-2014 e 2020-2024 no Povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

As diferenças evapotranspirativos e térmica máxima entre os quinquênios 2015-2019 e 2020-2024 (Figura 9), foram positivas exceto o mês de abril. Entre julho a novembro os índices térmicos superam a ETP, novembro e dezembro os valores são iguais, abril e maio a ETP supera as flutuações térmicas, março a abril os índices térmicos foram maiores e menores em janeiro. Estas flutuações foram decorrentes dos efeitos dos sistemas de meso e microescala, contribuição de efeitos local e regional e dos bloqueios atmosféricos que não contribuíram climatologicamente com os elementos estudados

**Figura 9:** Diferença evapotranspirativos e térmica máxima entre os quinquênios 2015-2019 e 2020-2024 no Povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

Estas flutuações, é um reflexo da variação espacial da temperatura máxima do ar mensal na área de estudo.

As diferenças térmicas e evapotranspirativos entre os quinquênios 2010-2014 e 2015-2018 foram abaixo da normalidade, ou seja negativas. Entre os quinquênios 2010-

2024, as irregularidades predominaram, com tendencia positivas. Entre 2015-2019 e 2020-2024 as flutuações foram positivas.

Uma inclusão mais penetrada das dinâmicas hidrológicas e suas implicações, futuras pesquisas devem focar em estudos de longo prazo que incorporem variáveis climáticas adicionais e diferentes cenários de uso do solo.

## REFERENCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2025).

**[2]** ALI, U. et al. 2021. Climate change impacts on agriculture sector: A case study of Pakistan. Ciência Rural, Santa Maria, v. 51, n. 8, 2021.

**[3]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

**[4]** ARAUJO, A.A.; GARCIA, D.W.; MONTEIRO, J.R.; MIGUEL, T.V.; CAMPOS, B.; SILVEIRA, V.; REBOITA, M.S. 2023. Avaliação do modelo Weather Research and Forecasting (WRF) na simulação operacional de um evento de frente fria no sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 16. Disponível: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/254272/43757.

**[5]** ARAÚJO, W.R.; MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V. Espacialização da evapotranspiração na bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE, Brasil. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, v. 8, n. 3, p. 205-218, 2020.

**[6]** BARBOSA, H. A. Understanding the rapid increase in drought stress and its connections with climate desertification since the early 1990s over the Brazilian semi-arid region. Journal of Arid Environments, v. 222, p. 105142, 2024.

**[7]** BALLANTYNE, A.P.; ALDEN, C.B.; MILLER, J.B.; TANS, P.P.; WHITE, J.W.C. Aumento observado na absorção líquida de dióxido de carbono pela terra e pelos oceanos durante os últimos 50 anos. Natureza , 488 ( 7409 ) ( 2012 ) , pp . 70-72.

**[8]** CABRAL JÚNIOR, J. B. et al. Considerações sobre a evapotranspiração estimada pelo algorítimo SEBAL no semiárido brasileiro. Revista de Geociências do Nordeste, v. 7, n. 1, p. 45-51, 2021.

**[9]** CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, C. M. S.; ALMEIDA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SPYRIDES, M. H. C. Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. Theoretical And Applied Climatology, v. 138, 2019.

**[10]** COSTA, R. L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. Weather Clim Extrem, v. 28, p. 1-21, 2020.

**[11]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

**[12]** INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. (eds.)]. In press. 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled 191128.pdf.

**[13]** IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Issaka, S., Ashraf, M.A., 2017. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. Geol. Ecol. Landscapes. 1 (1), 1–11. https://doi.org/10.1080/ 24749508.2017.1301053.

**[14]** IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. 2001a. Climate Change 2001: Impact's, Adaptation and Vunerability. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. 2001b. Climate Change 2001: Impact's, Adaptation and Vunerability. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change.

**[15]** IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

Change. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

**[16]** JIAO, K.; LIU, Z.; WANG, W.; YU, K.; MCGRATH, M.U.; XU, W. Respostas do ciclo do carbono às mudanças climáticas no ecossistema terrestre da China: sensibilidade e processo de condução. Sci. Total Environ., 915 ( 2024 ).

**[17]** KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[18]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm

**[19]** LIU, X.; SUN, G.; FU, Z.; CIAIS, P.; FENG, X.; LI, J.; FU, F. As secas compostas retardam o esverdeamento da Terra Glob. Chang. Biol., , 29 ( 11 ) ( 2023 ) , pp. 3072 – 3084.

**[20]** MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico do Estado da Paraíba. P.30. 2020. Distribuição avulsa.

**[21]** PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa de evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.41-99.

**[22]** REFATI, D. C. et al. Influence of drought and anthropogenic pressures on land use and land cover change in the brazilian semiarid region. Journal of South American Earth Sciences, v. 126, p. 104362, 2023.

**[23]** WANNIARACHCHI, S.; SARUKKALIGE, R. A Review on Evapotranspiration Estimation in Agricultural Water Management: Past, Present, and Future. Hydrology, Amsterdam, v. 9, n. 7, p. 123, 2022.

**[24]** SILVA, J. S.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; RODRIGUES, D. T.; SILVA, F. D. S. Climatology and significant trends in air temperature in Alagoas, Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 151, p. 1-20, 2023.

**[25]** THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water budget and its use in irrigation. In: The Yearbook of Agriculture - Water. Washington, D.C., Department of Agriculture, 1955. 74

**[26]** THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, New York, p. 55-94, 1948.

**[27]** WANG, K.; WANG, X.; LI, X.; TANG, S.; XU, H.; SANG, Y. Declínio recente na sensibilidade da temperatura tropical à variabilidade da taxa de crescimento do $CO_2$ atmosférico. Glob. Chang. Biol., 30 (2024).

**[28]** ZHANG,Y.; GENTINE,P.; LUO,X.; LIAN, X. LIU, Y. ZHOU, S.; MICHALAK, A.M.; SUN, W.; FISHER, J.B.; PIAO, S.; KEENAN. T.K. Aumento da sensibilidade da vegetação de terras secas à precipitação devido ao aumento do $CO_2$ atmosférico Nat. Comum. , 13 ( 2022 ) , pág. 4875.

# Capítulo 4

## *Oscilações térmicas máximas e evapotranspirativas mensais pelos métodos de haregreaves-samini 1, 2 e 3 no período, 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras*

*Romildo Morant de Holanda*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*

**Resumo:** Estudar as oscilações evapotranspirativos pelo método Hargreaves-Samani-1; Hargreaves-Samani-2 e Hargreaves-Samani-3, acarretados pelo acréscimo térmicos máximos e radiação solar, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 e 2024. Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura máxima (ºC), obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados evaporimetricas mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2024, foram gerados por meio dos métodos de evapotranspiração Hargreaves-Samani-1; Hargreaves-Samani-2 e Hargreaves-Samani-3 aerodinâmicos (A), baseados na temperatura do ar (T) e na radiação (Ra). As aplicações das equações de Hargreaves-Samani, para a área estudada apresenta-se como uma opção viável para a gestão da rega, desde que seja primeiro devidamente calibrada. As precisões das estimativas dos modelos baseados em temperatura são muito sensíveis às variações dos parâmetros, mesmo quando se aplicam ao do estudo. Os modelos de Hargreaves-Samani podem serem aplicados a outras regiões, deste que levem com base as faixas dos parâmetros meteorológicos aplicáveis aos modelos em relação aos seus erros. Os métodos Hargreaves–Samani 1 e 2 obtiveram valor de índice de desempenho de R2 igual a 1, ao passo que o método Hargreaves–Samani 3 como sendo os melhores valores para a região de estudo. Os resultados deste estudo são úteis não apenas para a área em estudo, mas também para todas as regiões circunvizinhas, levando-se com base nas melhores faixas de cada parâmetro meteorológico aplicáveis a condições climáticas locais.

**Palavras-Chave:** Método evapotranspirativos; Flutuações térmicos máximos; Métodos analíticos.

## INTRODUÇÃO

Diversos estudiosos como Hargreaves - Samani, (1982); Hargreaves - Samani (1985); Jensen et al, (1963); Blaney et al, (1950); Priestly et al, (1972); Schendel, (1967) ; Thornthwaite, (1948 ); McKenney et al., ( 1993 ), entre outro desenvolveram equações para o cálculo da evapotranspiração empregando um conjunto mínimo de parâmetros, baseados em temperatura.

O cômputo da evapotranspiração aceita ajustar as dotações da rega às necessidades hídricas das culturas. Visto que a escassez de água enquanto um recurso natural exige uma gestão aprimorada da rega por forma e maximizar a sua produtividade.

Fernandez et al, (2010) mostraram que a equação de Hargreaves sobre estimava a evapotranspiração no interior da estufa, porém demonstravam resultados aceitáveis ao ser aplicável um fator de correção devido à transmitância da estufa.

Dantas et al. (2016), comparou a precisão dos métodos de Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Blaney-Criddle e Camargo, em relação ao método de Penman-Monteith para mesorregiões do estado da Paraíba. A avaliação dos resultados indicou que o modelo de Hargreaves-Samani não necessitou de ajustes para região do agreste, o mesmo modelo não se ajustou à região de Borborema.

Os autores Borges et al, (2007), averiguaram a exatidão dos métodos na estimativa de ETo, para os métodos de Camargo, Blaney-Criddle, Hamon, Hargreaves, Thornthwaite e Kharrufa, na Bacia do rio Jacupiranga. Os autores concluíram que os resultados indicaram os métodos de Hargreaves e Camargo com maior eficientes na estimativa da ETo na área da bacia.

No mundo atual, a mudança climática e o aquecimento global apressaram o ciclo hidrológico, afetando profundamente o processo de evapotranspiração e causando mudanças significativas na evapotranspiração padrão (Perez et al., 2024). Um dos maiores desafios enfrentados pelo despacho e gerenciamento do ciclo hidrológico intermediário é a incerteza do volume de água disponível nos reservatórios.

A relação entre temperatura e evapotranspiração é não linear e é influenciada pela natureza complexa dos sistemas atmosféricos, ciclo hidrológicos e das bacias hidrográficas (Liu et al. 2020). Essa complexidade frequentemente resulta em efeitos de defasagem e respostas não lineares, tornando o comportamento das bacias hidrográficas altamente variável e dependente de numerosos fatores abióticos e bióticos, incluindo solos, características da vegetação e práticas de manejo. Essa resposta localizada enfatiza a necessidade crítica de estudar os atributos individuais dos elementos discutidos para prever e compreender com precisão como elas reagirão a variabilidades térmicas extrema

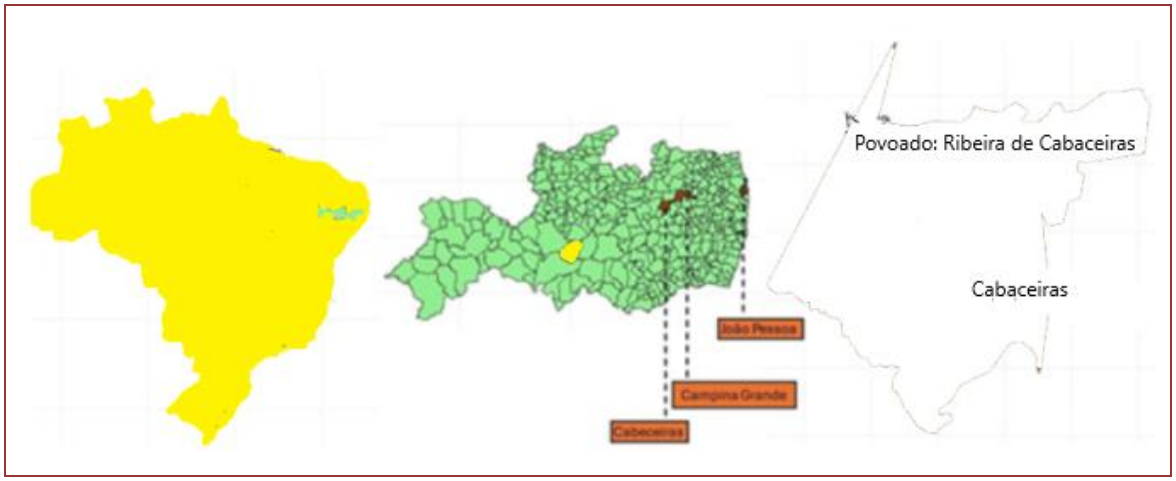
Segundo Capuchinho et al. (2019) a temperatura do ar é o elemento climático responsável por desempenhar influência em diversas atividades que movem a economia, sobretudo em setores como engenharia, produção de energia, economia, agropecuária, hidrologia e recursos hídricos (Medeiros et al., 2019). Medeiros et al. (2005) afirmaram que a temperatura do ar é o elemento climático que possui maior influência sobre os processos fisiológicos dos seres vivos. As oscilações térmicas, nas escalas espacial e temporal, leva em consideração vários fatores como: latitude, altitude, continentalidade e maritimidade que são parâmetros de análise do clima de uma determinada região (Gomes et al., 2014).

Com este intuito tem-se como objetivo estudar as oscilações evapotranspirativos pelo método Hargreaves-Samani-1; Hargreaves-Samani-2 e Hargreaves-Samani-3 acarretados pelo acréscimo térmicos máximos e radiação, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024.

## METERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e 391 metros, de altitude (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22°C) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura máxima (°C), obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados evaporimetricas mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2024, foram gerados por meio dos métodos de evapotranspiração Hargreaves-Samani-1; Hargreaves-Samani-2 e Hargreaves-Samani-3 aerodinâmicos (A), baseados na temperatura do ar (T) e na radiação ($R_a$).

O gráfico de tendência corresponde a um gráfico simples, em coordenadas cartesianas, o qual descreve o comportamento de uma variável ao longo do tempo ou em função de outra variável. E é utilizado principalmente para identificar tendências de comportamento, dando assim uma perspectiva de eventos e/ou compreensão dos problemas em estudo (Lins, 1993).

O gráfico de dispersão é a forma padrão de considerar a interdependência entre duas variáveis de dados. Sendo o eixo x a representação de uma variável, o eixo y, a representação de outra, e cada ponto no gráfico um registro (Bruce et al., 2019). Sob o gráfico de dispersão é possível plotar a linha de tendência, a fim de visualizar a respectiva tendência, dos dados ao longo do tempo e assim quantificar a natureza desse relacionamento, ou seja, se os dados possuem uma inclinação positiva, negativa ou se não há tendência significativa.

Utilizou-se de formulação matemática para conceber a linha de tendência que é fundamentada na regressão linear simples. A regressão linear simples estima precisamente o quanto y mudará quando x mudar em uma certa quantidade, com isso tenta-se prever a variável y a partir de x através de um relacionamento linear. A equação 1 descreve a fórmula geral da linha de tendência (Bruce et al., 2019):

$$y = b_0 + b_1 x \qquad (1)$$

Em que:

$y$ = é a variável dependente;

$b_0$ = é o intercepto (ou constante);

$b_1$ = é o declive para x; e

$x$ = é a variável independente.

A utilização dos métodos de Hargreaves-Samani-1; Hargreaves-Samani-2 e Hargreaves-Samani-3, foram determinados pelos métodos 2, 3 e 4 a seguir.

**Tabela 1:** Métodos de Hargreaves-Samani-1; Hargreaves-Samani-2 e Hargreaves-Samani-3, aplicados para o cômputo da evapotranspiração no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

| | | |
|---|---|---|
| **2** | **Hargreaves-Samani-1** | **$ETo=0{,}408*0{,}0030*(T+20)*(T_{max}-T_{mim})^{0,4}*Ra$** |
| 3 | Hargreaves-Samani-2 | $ETo=0{,}408*0{,}0023*(T+16{,}8)*(T_{max}-T_{mim})^{0,5}Ra$ |
| 4 | Hargreaves-Samani-3 | $ETo=0{,}408*0{,}0025*(T+17{,}8)*(T_{max}-_{mim})^{0{,}424}*Ra$ |

Onde:

ETo = Evapotranspiração (mm);

T = Temperatura média (°C);

$T_{max}$ = Temperatura máxima (°C);

$T_{mim}$ = Temperatura mínima (°C); e

$R_a$ = Radiação.

As execuções dos cálculos, foram computadas por meio de planilhas eletrônicas Excel®. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos de tendência e gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de $R^2$.

Análise de regressão simples, segundo Montgomery (2009), análise de regressão é uma técnica estatística utilizada para modelar e investigar a relação entre duas ou mais variáveis, podendo ser utilizada para construir um modelo que irá prever o resultado de um processo com base nos valores observados.

Na análise de regressão simples usa-se uma variável como sendo explicativa, outra variável como sendo a preditora. A partir desta definição considera-se que a média da variável aleatória Y esteja relacionada linearmente com a variável aleatória X e, por conseguinte constrói-se a relação linear, sendo que a inclinação e a interseção da linha são denominadas coeficientes de regressão. Como o valor observado não cai exatamente sobre a linha, têm-se o termo do erro aleatório (Ea) com média zero e variância ($\sigma^2$). As estimativas de beta zero e beta um são estimadas a partir do método dos mínimos quadrados. Já para estimar $\sigma^2$ usa-se a soma dos quadrados dos erros que é um estimador não tendencioso de $\sigma^2$. Se o modelo for baseado apenas em observações, sem utilizar qualquer conhecimento teórico sobre as variáveis ele é considerado um modelo de regressão empírico.

Outra medida muito útil para identificar a adequacidade do modelo é o coeficiente de determinação ($R^2$). Sendo as variáveis aleatórias distribuídas conjuntamente seu valor corresponde ao quadrado do coeficiente de correlação entre duas variáveis. Esta estatística indica a quantidade da variabilidade nos dados explicada ou considerada pelo modelo de regressão. Baixo valor desta estatística indica que a variabilidade do modelo é pouco explicada, consequentemente altos valores desta estatística, indica que a variabilidade do modelo é bem explicada.

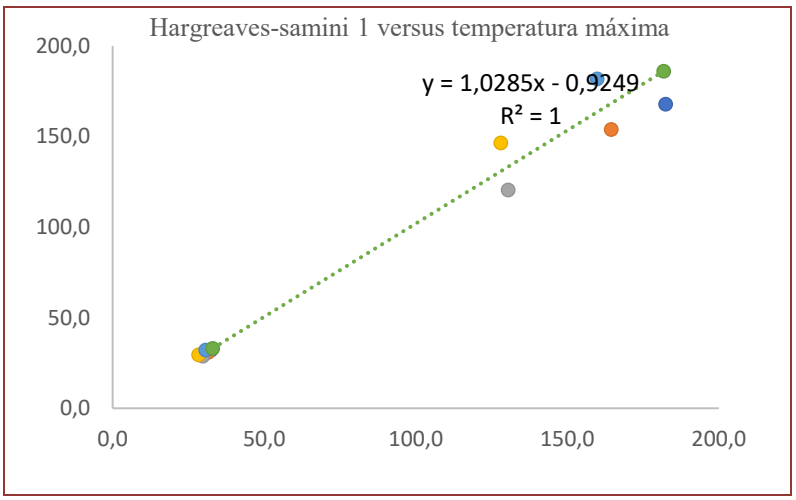
## RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Figura 2 – Relação entre temperatura máxima (°C) e Hargreaves-Samani-1 (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 e 2024. A análise de regressão busca avaliar séries amostrais querendo saber se as duas ou mais variáveis estão conexas entre si numa população. O $R^2$ (coeficiente de correlação) adequa ao grau de relacionamento entre duas variáveis. De tal modo, o perfeito ajustamento das observações deve ter intercepto igual a 0 e uma inclinação $R^2$ igual a 1 ou 45°.

A equação da linha de tendência, entre temperatura máxima (°C) e Hargreaves-Samani-1 (mm), está representada na Figura 2, indica que, para cada redução da temperatura máxima reduz em média 1,3 mm/ano. O valor de $R^2 = 1$ significa que apenas 1% da variação na temperatura máxima pode ser explicada pela oscilação da ETo. portanto, existe uma forte correlação entre os elementos térmicos máximos e ETo para as condições em estudo. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

Com as elevações da temperatura, auxiliando a subida da água para a atmosfera em maiores volumes, ocorrem a formação das nuvens, pela troca de calor, auxiliadas pelas formações das linhas de calor e dos aglomerados convectivos, ocasionado chuva forte a moderadas em curto intervalos de tempos.

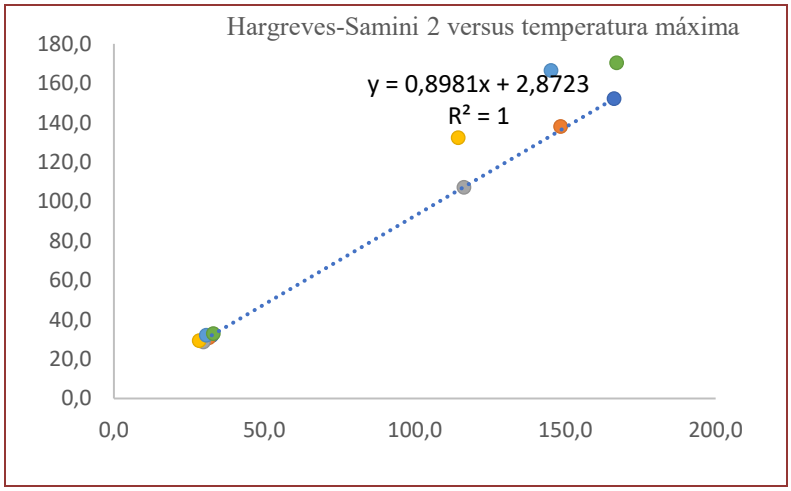
**Figura 2:** Relação entre temperatura máxima (°C) e Hargreaves-Samani-1 (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.




Fonte: Medeiros (2026).

Destaca-se que, para cada aumento da temperatura máxima, acréscimo de aproximadamente 1 mm/ano (Figura 3). O valor de $R^2 = 1$ significa que 1% da variação na temperatura máxima, pode ser explicada pela oscilação da ETo. assim, detecta-se forte correlação entre os elementos da ETo e térmicos máximo para as condições da área estudada. Diferenciando dos resultados detectados por Medeiros et al, (2021), os quais minutaram acréscimos na temperatura máxima anual para Patos (1975-2014) (0,04 °C/ano).

**Figura 3:** Relação entre temperatura máxima (°C) e Hargreaves-Samani-2 (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.

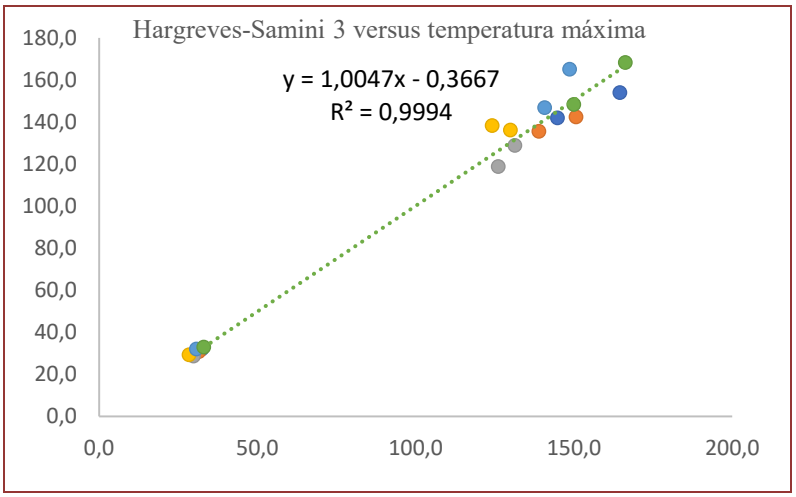



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 4, observam-se a afinidade entre temperatura máxima (°C) e evapotranspiração (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024. A linha de tendência, entre os elementos estudados, indica acréscimo térmica máxima, o valor de $R^2 = 0,9994$ significa elevada oscilação térmica máxima, o que pode ser explicada pela oscilação da ETo. assim sendo, existe uma forte correlação entre os elementos discutidos,

para as condições em estudo. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

**Figura 4:** Relação entre temperatura máxima (°C) e Hargreaves-Samani-3 (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.

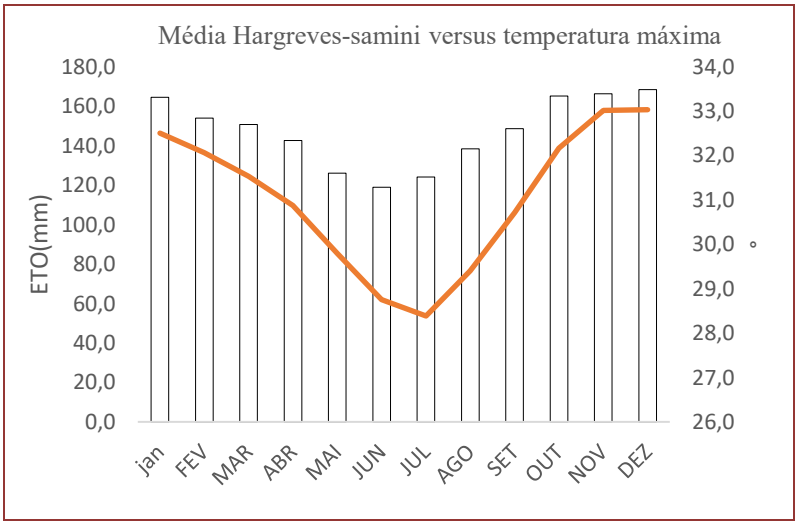



Fonte: Medeiros (2026).

O maior poder evapotranspirativos centra-se nos meses de outubro a janeiro. Entre maio a agosto registra os menores índices evapotranspirativos. Registra reduções gradativas da ETo entre fevereiro a julho. Acréscimos dos valores ETo entre setembro a janeiro. Estas variabilidades estão interligadas as oscilações dos sistemas de meso e microescala, as atividades regionais e local.

As oscilações térmicas registram decrescimento de fevereiro a julho, acréscimo de agosto a janeiro, com os meses de menores poder térmico junho a agosto e os de maiores elevações outubro a janeiro (Figura 5).

**Figura 5:** Variabilidade térmica máxima e evapotranspirativos anual, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 2, observam-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros evapotranspiração dos métodos de Hargreaves-Samani (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024. As oscilações evapotranspirativos máxima mensal fluem entre 186,1 mm (dezembro) a 128,9 mm (junho), com uma ETO anual de 1903,6 mm. ETO anual média de 1767,4, oscilando de 118,8 mm (junho) a 168,3 mm (dezembro). A ETP mínima anual registrou 1674,0 mm, suas oscilações máximas e mínimas fora de 149,9 mm (novembro) a 107,2 mm (junho).

Destaca-se que a mediana tem um comportamento análogo ao da ETo média, com pequenas variações inter meses. As maiores flutuações do desvio padrão ocorrem de setembro a março e junho. Estatisticamente os coeficientes de variâncias não têm índices expressivos de mudanças mensais, já no parâmetro erro padrão ocorrem anomalias superiores aos 10% de erro nos meses de janeiro, outubro e dezembro.

Essas oscilações evapotranspirativos apresentam similaridades nos valores da região semiárida nordestina, conforme afirma Marengo et al, (2021); Medeiros et al (2020).

**Tabela 2:** Variabilidade estatística dos parâmetros evapotranspiração dos métodos de Hargreaves-Samani (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.

| Meses | Máxima | Média | Mínima | Mediana | Desvio Padrão | Variância | Erro Padrão |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 182,5 | 164,5 | 144,8 | 166,2 | 18,9 | 357,3 | 10,9 |
| Fevereiro | 167,8 | 154,0 | 142,0 | 152,2 | 13,0 | 167,8 | 7,5 |
| Março | 164,5 | 150,6 | 138,9 | 148,5 | 12,9 | 167,6 | 7,5 |
| Abril | 153,8 | 142,6 | 135,7 | 138,1 | 9,9 | 97,1 | 5,7 |
| Maio | 131,4 | 126,1 | 116,3 | 130,5 | 8,4 | 71,2 | 4,9 |
| Junho | 128,9 | 118,8 | 107,2 | 120,4 | 10,9 | 119,7 | 6,3 |
| Julho | 130,0 | 124,1 | 114,4 | 128,0 | 8,5 | 72,0 | 4,9 |
| Agosto | 146,4 | 138,3 | 132,3 | 136,3 | 7,3 | 52,7 | 4,2 |
| Setembro | 159,9 | 148,7 | 140,8 | 145,3 | 10,0 | 100,2 | 5,8 |
| Outubro | 181,8 | 165,1 | 146,9 | 166,5 | 17,5 | 306,2 | 10,1 |
| Novembro | 181,8 | 166,3 | 149,9 | 167,1 | 16,0 | 254,5 | 9,2 |
| Dezembro | 186,1 | 168,3 | 148,4 | 170,5 | 18,9 | 357,7 | 10,9 |
| Anual | 1903,6 | 1767,4 | 1674,0 | 1724,6 | 120,6 | 14548,7 | - |

Legenda: ( - ) Sem informação.

Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

As aplicações das equações de Hargreaves-Samani, para a área estudada apresenta-se como uma opção viável para a gestão da rega, desde que seja primeiro devidamente calibrada.

As precisões das estimativas dos modelos baseados em temperatura são muito sensíveis às variações dos parâmetros, mesmo quando se aplicam ao do estudo.

Os modelos de Hargreaves-Samani podem serem aplicados a outras regiões, deste que levem com base as faixas dos parâmetros meteorológicos aplicáveis aos modelos em relação aos seus erros.

Os modelos Hargreaves–Samani estudado obteve-se um valor de índice de desempenho de $R^2$ igual a 1, sendo os melhores valores para a região.

Os resultados deste estudo são úteis não apenas para a área em estudo, mas também para todas as regiões circunvizinhas, levando-se com base nas melhores faixas de cada parâmetro meteorológico aplicáveis a condições climáticas locais.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2025). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

**[2]** ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

**[3]** BLANEY, H.F.; CRIDDLE, E W.D. (1950). Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. USDA/SCS, SCS-TP 96.

**[4]** CAPUCHINHO, F. F. et al. Coordenadas geográficas e altitude na estimativa da temperatura do ar no estado de Goiás. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI, v. 13, n. 2, p. 3346-3357, 2019.

**[5]** CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... SBMET, 1, 154-157.

**[6]** CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. (2016). Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, 10(1), 140-147. 2006. Editora@ufcg.edu.br. p.150.

**[7]** CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.; HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

**[8]** FERNÁNDEZ, M.D.; BONACHELA, S.; ORGAZ, F.; THOMPSON, R.; LÓPEZ, J.C.; GRANADOS, M.R.; GALLARDO M.; FERRERE. (2010) Measurement and estimation of plastic greenhouse reference evapotranspiration in a Mediterranean climate. Irrigation Science. 28(6): 497-509.

**[9]** GOMES, D. P. et al. Estimativa da temperatura do ar e da evapotranspiração de referência do estado do Rio de Janeiro. Irriga, 2014, v.19 (2), 302-314.

**[10]** JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. (1963), Estimating evapotranspiration from solar radiation. J. Irrig. Drainage Div. ASCE, 89: 15-41. Hargreaves, G. H., Allen R. G. (2003). History and Evaluation of Hargreaves Evapotranspiration Equation. J. Irrig. Drain. Engin., 129(1): 53-63.

**[11]** HARGREAVES, G.H.; SAMANI, S. (1982) Estimating potential evapotranspiration. J. Irrig. Drain. Div., 108~3!, 225–230. Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., (1985), Reference crop evapotranspiration from temperature. Transaction of ASAE 1(2):96-99.

**[12]** KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

**[13]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

**[14]** LIU, Z.; LINYIN, C.; GUOYI, Z.; XIAOHONG, C KAIRONG, L.; WENFENG, Z. XIUZHI, C.; PING. Z. 2020. "Global Response of Evapotranspiration Ratio to Climate Conditions and Watershed Characteristics in a Changing Environment."Journal of Geophysical Research: Atmospheres 125 (7): e2020JD032371.https://doi.org/10.1029/2020JD032371.

**[15]** MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil. Revista Equador, v. 8, n.3, p. 19-43, 2019.

**[16]** MEDEIROS, S. DE. S. et al. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

**[17]** MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros, 4º Edição, Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2009.

**[18]** PEREZ, M.; LOMBARDI, D.; BARDINO, G.; VITALE, M. Drought assessment through actual evapotranspiration in Mediterranean vegetation dynamics. Ecol. Indic. 2024, 166, 112359.

**[19]** THORNTHWAITE, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

**[20]** THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatolgoco Dg Estado da Paraíba,130, DV. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

# Capítulo 5

## Flutuação da evapotranspiração quinquenal no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba

*Romildo Morant de Holanda*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*

**Resumo:** O conceito de evapotranspiração de referência foi primeiramente desenvolvido para analisar a demanda evaporativa do ar, desconsiderando as características específicas das culturas, sua fenologia e práticas de manejo. Estudar as oscilações da evapotranspiração quinquenal e sua climatologia no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 e 2024. Os valores da ETo, foram determinadas pelo computo do balanço, e trabalhado em planilhas eletrônica, seguidamente da ajuda da estatística. Os cálculos das anomalias forem realizados para melhor compreensão das flutuações evapotranspiradas. No período chuvoso, a ETo é menor, enquanto no período seco a ETo registra maiores valores. O quinquênio 2015-2019 registrou-se as maiores anomalias do estudo; no quinquênio 2010-2014 ocorreu um equilíbrio para os demais estudadas. No quinquênio 2020-2024 registrou-se as maiores variabilidades das ETo da área estudada. As flutuações mensais e anuais da ETo são justificadas especialmente em emprego de outras variáveis atmosféricas, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, cobertura de nuvens, precipitação entre tanto outros elementos.

**Palavras-Chave:** Necessidade hídrica; balanço hídrico; Evapotranspiração; Monitoramento e gerenciamento hidrológicos.

## INTRODUÇÃO

Vicente et al, (2018) afirmaram que a necessidade hídrica em uma dada região e/ou área é de fundamental importância conhecer a demanda evapotranspirativos, ainda que seja um elemento básica é de relevante acuidade sua aferição, já que auxiliará na inclusão da dinâmica da água e de seu uso eficiente dela.

Para Ongaratto et al, (2020) o planejamento dos recursos hídricos e a estimativa da evapotranspiração são usadas não somente para projetos e manejo de irrigação, quão intensamente, em projetos ambientais através de modelos climáticos e das aplicações dos balanços hídricos normais e sequenciais, sendo utilizados como alguma tática de gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis.

Os autores (Tooley et al., 2021) utilizou-se de táticas hábeis de manejo para os recursos hídricos, e realizou o aperfeiçoamento dos cultivos aplicando-se modelos que analisem as mudanças climáticas visando minimizar seus impactos sobre as culturas agrícolas.

Segundo os relatos do (IPCC 2019) os eventos extremos climáticos vêm ocorrendo em maior frequência, ocasionados pelas mudanças climáticas nos padrões de chuva e disponibilidade hídrica, causando variabilidades na produção das culturas, ocasionando aos sistemas agrícolas uma sustentabilidade comprometida, resultando a população mais vulneráveis maior dependência de produção de alimentos local (Ali et al., 2021)

A evapotranspiração é uma das básicas componentes do ciclo hidrológico e do balanço hídrico, que anexa a pluviometria representam o clima de uma comarca e são empregadas como ferramenta de apoio à decisão para a gestão da água na agricultura e socioeconomia, mitigando os conflitos da insuficiência de água, assim como, evita o uso excessivo e o desperdício de recursos hídricos (Wanniarachchi 2022).

A evapotranspiração é aplicada nos cômputos dos balanços hídricos para o setor da agricultura e na modelagem de fenômenos climáticos e hidrológicos, visando estimar as ações do uso da irrigação, antecipar os rendimentos agrícolas, avaliar a disponibilidade de recursos hídricos e definir características climáticas (Back, 2008).

A estabilização de água na superfície Global é afetada diretamente pela evapotranspiração, volvendo a avaliação desse elemento climática muito enorme nas matérias que visam entender a dinâmica do ciclo da água em cada área estudada (Araújo et al., 2020). Conforme ainda os autores, incluir variáveis nas mudanças e nas alterações globais da evapotranspiração, carecemos de mais estudos e evidências sobre o elemento evapotranspiração no nosso país, para compreender a sua dinâmica e aprimorar as pesquisas.

Segundo Allen et al, (1994), a evapotranspiração é definida como a evapotranspiração de uma cultura, com 12 cm de altura, 70 s $m^{-1}$ de resistência aerodinâmica da superfície e 0,23 de albedo. Para Sentelhas (2001) que definiu a evapotranspiração com as características da cultura por: superfície vegetada com grama, com altura de 8 a 15 cm, com crescimento ativo, sem restrição hídrica, cobrindo toda a superfície do solo.

Uma das características acentuadas da região Nordeste do Brasil (NEB), é a alta vulnerabilidade à seca, anexa especialmente às altas temperaturas e ao déficit hídrico (Refati et al., 2023). Tendências de acréscimo nos índices térmicos do ar detectadas na região do NEB, foram referenciadas por (Costa et al., 2020; Silva et al., 2023), indicando um imaginável aumento nos episódios de seca, pois a evapotranspiração potencial é intensificada (Cabral Júnior et al., 2019), resultando em redução na quantidade de água do solo, que somada ao seu mau uso, vem ocasionando acréscimos nos riscos de desertificação em partes do NEB (Barbosa, 2024).

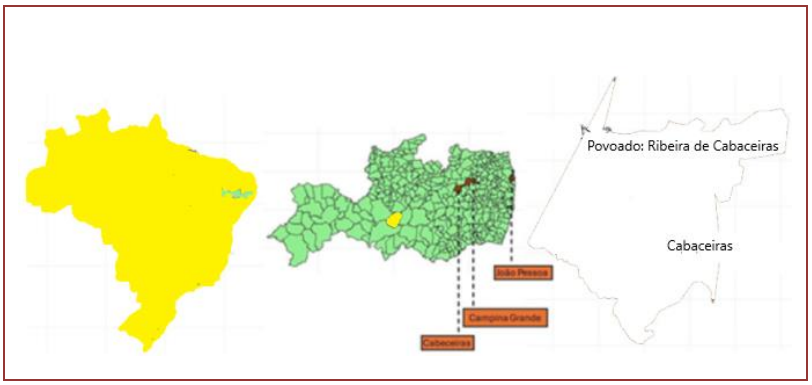
Para (Mutti et al., 2020; Tavares et al., 2023; IPCC 2023), no cenário atual do aquecimento global, mudanças nos elementos precipitação e evapotranspiração e, portanto, na disponibilidade hídrica, vem ocasionando disparidade impactos, como prolongados períodos de seca, alteração dos ecossistemas, com vários setores socioeconômicos sendo afetados, como os setores geração de energia hidroelétrica, agricultura, pecuária e indústria

Objetiva-se estudar as oscilações da evapotranspiração quinquenal e sua climatologia no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024.

## MATERIAL E MÉTODO

O município de Cabaceiras limita-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista, localiza-se em 7º43'S e 36º36'W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Conforme a metodologia de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETo com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura (22°C) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

A concretização do cômputo do balanço hídrico fundar-se na série de dados climáticos de precipitação e temperatura, compreendendo o período de 2010 – 2023, as séries térmicas e pluviais, passaram pelo sistema de consistência e homogeneização.

O programa Estima_T, do núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, foi empregado para estimar a temperatura média do ar no Povoado Ribeira de Cabaceiras. Este programa emprega o método da reta de regressão múltipla para calcular a temperatura média do ar (Cavalcanti et al., 2006).

A metodologia proposta por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1955) para a avaliação do balanço hídrico, foi computar o balanço de água através da entrada, armazenamento e liberação de água do solo da área em estudo. Segundo a metodologia, a pluviometria acarreta acréscimo, enquanto a evapotranspiração reduz a umidade do solo.

Estabeleceu-se o período em que se registra excesso e deficiências de água no solo e calculou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETp) foi verificada segundo a Equação 1.

$$ETp = Fc*16*[10*T/I]^{a} \quad 1$$

onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm $ano^{-1}$);

Fc = fator de correção (Tabela 1);

T = temperatura média do ar (°C);

I = índice de calor anual, representa a soma dos índices mensais; e

a = função cúbica do índice de calor anual, é determinada como a seguir:

$$a = 6{,}75*10\text{-}7*I^{3}\text{-}7{,}71*10\ 5*I^{2}+0{,}01791*I+0{,}492.$$

Thornthwaite (1948) utilizou-se da sua metodologia e determinou os fatores de correção (Fc) para cada mês do ano de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1:** Fatores de correção (Fc) para cada mês do ano.

| Fator de correção – fc | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| jan | Fev | mar | abr | mai | jun | jul | Ago | set | out | nov | Dez |
| 1,80 | 0,97 | 1,05 | 0,99 | 1,01 | 0,96 | 1,00 | 1,01 | 1,00 | 1,06 | 1,05 | 1,10 |

Fonte; Unesco (1982).

Os valores da $ET_P$, foram determinadas pelo computo do balanço, e trabalhado em planilhas eletrônica, seguidamente da ajuda da estatística. Os cálculos das anomalias forem realizados para melhor compreensão das flutuações evapotranspiradas.

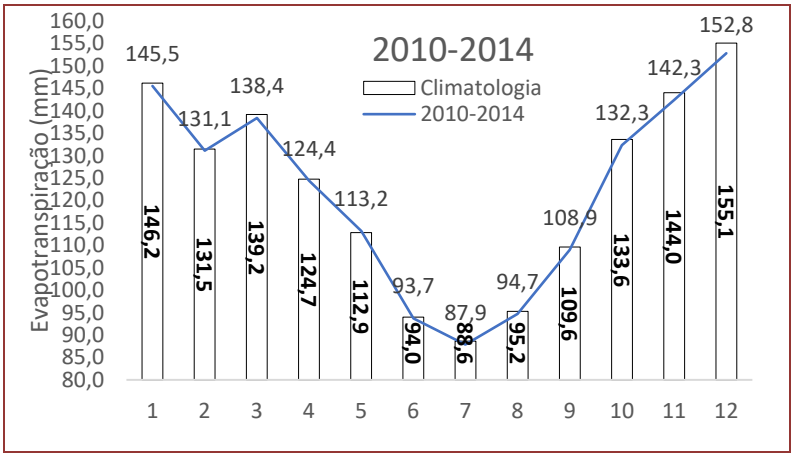
## RESULTADO E DISCUSSÃO

Segundo Lucas et al. (2020) a evapotranspiração é a máxima vazão d'água do ciclo hidrológico em escala global, constituindo a ETo como o principal preditor climático de biodiversidade (Fisher et al., 2011), e, ligado a precipitação são decisivas para a disponibilidade de água no solo, sendo indicadores centrais de eventos de secas (Medeiros et al., 2021; Zhao et al., 2022).

A representação gráfica (Figura 2) da evapotranspiração quinquenal (2010-2014) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. Seus picos de máximos ETo ocorrem de outubro a janeiro, seus picos de menores evapotranspiração ocorrem de junho a agosto. De março a maio registra-se uma decaída evapotranspirativos, ocasionada pela redução dos índices pluviais, más formações de linha de instabilidade e dos aglomerados convectivos, más intensificações dos sistemas de meso e microescala, os efeitos regional e local com predomínio de bloqueios atmosféricos, baixa cobertura de nuvens, ocasionaram as reduções da ETo e os referidos acréscimos entre os meses de setembro a dezembro.

A evapotranspiração quinquenal histórica, praticamente fluiu igual a evapotranspiração quinquenal, onde se registra pequenas flutuações históricas, ocasionadas pelos efeitos de meso, microescala, os sistemas regionais e locais. O estudo de Cabral Júnior et al., (2019) corroboram com as discussões.

**Figura 2:** Representação gráfica da evapotranspiração quinquenal (2010-2014) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



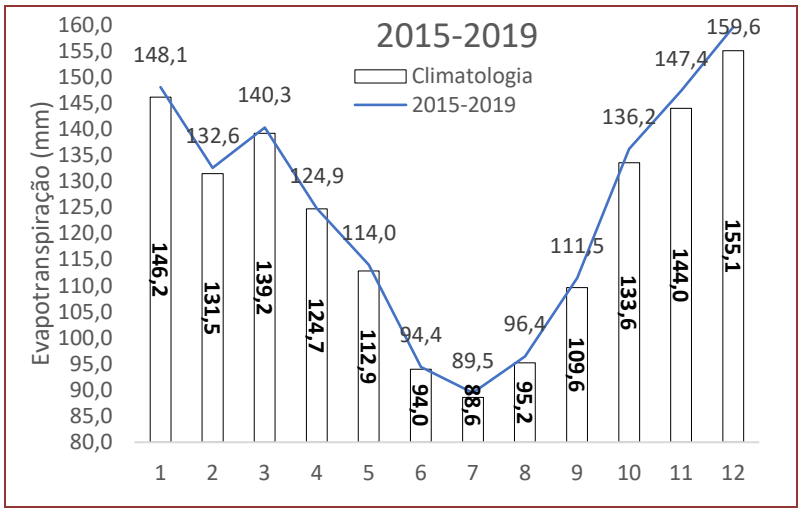

Fonte: Medeiros (2026).

A gestão sustentável da água é vital diante da crescente escassez global de água devido às mudanças climáticas. A evapotranspiração é um fator significativo do ciclo hidrológico que regula o movimento e o armazenamento de água na terra, na atmosfera, no perfil do solo e nos corpos d'água. É um processo essencial na interseção dos ciclos de energia, carbono e água do sistema climático (Jung et al., 2010). É o processo de perda de água da terra pela soma de dois processos distintos: evaporação do solo e transpiração da vegetação segundo Abtew et al., (2013).

A ETo quinquenal (2015-2019) e histórica, estão representadas na Figura 3, destacam-se os meses em que os índices de ETo quinquenal superaram os históricos, com maiores intensificações janeiro, fevereiro, maio, julho, agosto, setembro, outubro,

novembro e dezembro, ocasionados pelas variações da radiação, temperatura, vento, nebulosidades e as contribuições regionais e locais.

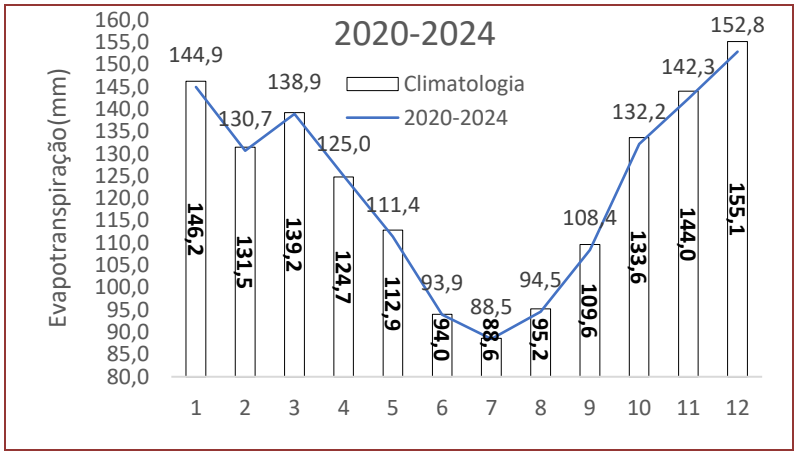
**Figura 3:** Representação gráfica da evapotranspiração quinquenal (2015-2019) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A evapotranspiração histórica superou os valores da evapotranspiração quinquenal em todos os meses estudados do quinquênio (Figura 4), tais variabilidades se devem aos sistemas de meso e microescala, os efeitos regionais e locais, segundo Marengo et al (2021) estas oscilações da evapotranspiração no semiárido, contribui com as discussões.

**Figura 4:** Representação gráfica da evapotranspiração quinquenal (2020-2025) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

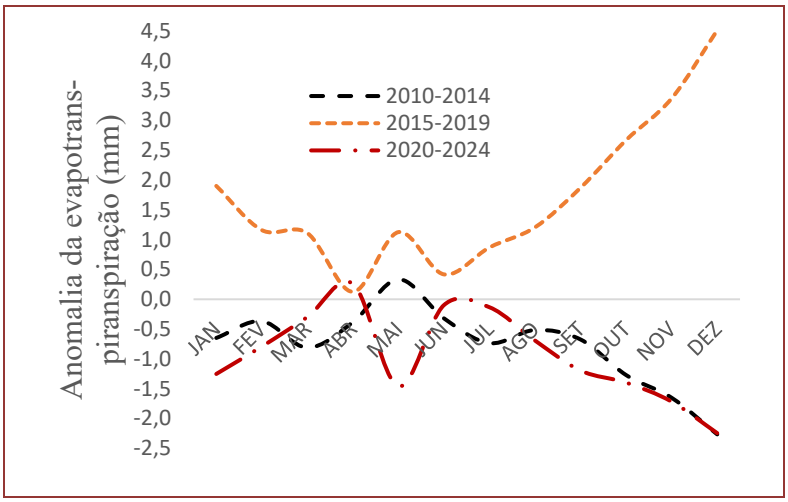



Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações mensais e anuais da evapotranspiração são justificadas especialmente em emprego de outras variáveis atmosféricas, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, entre outros (Beruski et al, 2020; Cabral Júnior et al., 2021; Zomer et al., 2022; Sabino et al., 2023).

As anomalias evapotranspiradas quinquenais, estão representadas na Figura 5, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. No quinquênio 2015-2019, registra-se as maiores variabilidades das anomalias de evapotranspiração, com variações de 0,1 mm (abril) a 4,5 mm (dezembro) e com 20,3 mm para os valores anuais. No quinquênio 2010-2014, registrou anomalia anual de -9,3 mm, seguidamente de suas oscilações mensais 0,3 mm (maio) a -2,3 mm (dezembro). Com anomalia anual de -11,0 mm e suas flutuabilidades mensais oscilando de -2,2 mm (dezembro) a 0,3 mm (abril) no quinquênio 2020-2024. Os estudos de (Medeiros et al., 2021; Zhao et al., 2022), demonstram similaridades.

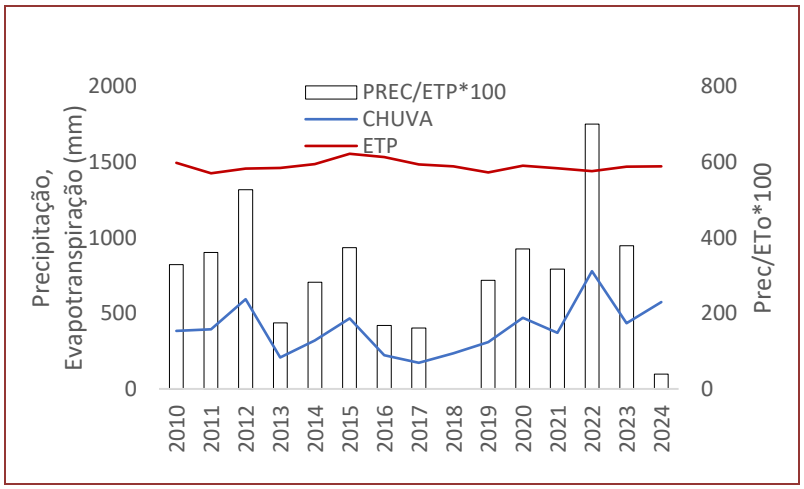
**Figura 5:** Representações gráficas das anomalias evapotranspiradas quinquenais, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A ETo superou os índices pluviais em todos os anos estudados, exceto para alguns meses do ano de 2022 (Figura 6), as oscilações da prec/ETo*100, superaram os índices pluviais para todos os anos estudados, tais variabilidades registram-se na região semiáridas nordestina conforme afirma Marengo et al, (2021).

**Figura 6:** Representações gráficas da evapotranspiração, chuva e percentual entre chuva e evapotranspiração para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

No período chuvoso, a evapotranspiração é menor, enquanto no período seco a evapotranspiração registra maiores valores.

O quinquênio 2015-2019 registrou-se as maiores anomalias do estudo; no quinquênio 2010-2014 ocorreu um equilíbrio para os demais estudadas. No quinquênio 2020-2024 registrou-se as maiores variabilidades das ETo da área estudada.

As flutuações mensais e anuais da ETo são justificadas especialmente em emprego de outras variáveis atmosféricas, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, cobertura de nuvens, precipitação entre outros elementos.

## REFERENCIAS

**[1]** ABTEW, W.; MELESSE, S. Evaporation and Evapotranspiration (Springer, Dordrecht, Netherlands, 2013).

**[2]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2024).

**[3]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

**[4]** ALI, U. et al. 2021. Climate change impacts on agriculture sector: A case study of Pakistan. Ciência Rural, Santa Maria, v. 51, n. 8, 2021.

**[5]** ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PERRIER, L.S.; PEREIRA, L.S. An update for the definition of reference evapotranspiration. ICID Bull., v. 43 p. 1-34, 1994.

**[6]** ARAÚJO, W.R.; MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V. Espacialização da evapotranspiração na bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE, Brasil. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, v. 8, n. 3, p. 205-218, 2020.

**[7]** BACK, A.J. Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC. Irriga, Botucatu, v.13, n. 4, p. 449-466, 2008.

**[8]** BARBOSA, H.A. Understanding the rapid increase in drought stress and its connections with climate desertification since the early 1990s over the Brazilian semi-arid region. Journal of Arid Environments, v. 222, p. 105142, 2024.

**[9]** BERUSKI, G.C.; NEPOMUCENO, Y.C. Estimação da evapotranspiração potencial sob distintas condições de referências para determinação do consumo hídrico da soja e milho. Revista Brasileira de Climatologia, v. 27, p. 864-882, 2020.

**[10]** CABRAL JÚNIOR, J.B. et al. Considerações sobre a evapotranspiração estimada pelo algorítimo SEBAL no semiárido brasileiro. Revista de Geociências do Nordeste, v. 7, n. 1, p. 45-51, 2021.

**[11]** CABRAL JÚNIOR, J.B.; SILVA, C.M.S.; ALMEIDA, H.A.; BEZERRA, B.G.; SPYRIDES, M.H.C. Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. Theoretical And Applied Climatology, v. 138, 2019.

**[12]** COSTA, R.L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. Weather Clim Extrem, v. 28, p. 1-21, 2020.

**[13]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

**[14]** FISHER, J.B.; WHITTAKER, R.H.; MALHI, Y. Et Come Home: A critical evaluation of the use of evapotranspiration in geographical ecology. Global Ecology and Biogeography, v. 20, n. 1, p. 1–18, 2011.

**[15]** INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. (eds.)]. In press. 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled 191128.pdf.

**[16]** JUNG, M.; REICHSTEIN, M.P; CIAIS, et al., (2010). "Recent Decline in the Global Land Evapotranspiration Trend due to Limited Moisture Supply," Nature 467, no. 7318 (2010): 951–954.

**[17]** KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[18]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm

**[19]** LUCAS, P. de O. et al. Reference evapotranspiration time series forecasting with ensemble of convolutional neural networks. Computers and electronics in agriculture, v. 177, n. 1, p. 1-15, out. 2020.

**[20]** MEDEIROS, F.J.; OLIVEIRA, C.P.; GOMES, R.S.; SILVA, M.L.; CABRAL JÚNIOR, J.B. Hydrometeorological conditions in the semiarid and east coast regions of Northeast Brazil in the 2012-2017 period. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, p. 1-15, 2021.

**[21]** MUTTI, P.R. et al. Assessment of gridded CRU TS data for long-term climatic water balance monitoring over the São Francisco Watershed, Brazil. Atmosphere, v. 11, n. 11, p. 1207, 2020.

**[22]** ONGARATTO, J.M.; BORTOLIN, T.A. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência no município de São José dos Ausentes (RS), Brasil. Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v. 26 n. 5, p. 979-987, 2021.

**[23]** REFATI, D.C. et al. Influence of drought and anthropogenic pressures on land use and land cover change in the brazilian semiarid region. Journal of South American Earth Sciences, v. 126, p. 104362, 2023.

**[24]** SABINO, M.; SOUZA, A.P. Global Sensitivity of Penman–Monteith Reference Evapotranspiration to Climatic Variables in Mato Grosso, Brazil. Earth, v. 4, n. 3, p. 714-727, 2023.

**[25]** SILVA, J.S.; CABRAL JÚNIOR, J.B.; RODRIGUES, D.T.; SILVA, F.D.S. Climatology and significant trends in air temperature in Alagoas, Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 151, p. 1-20, 2023.

**[26]** SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. Irrigação. Piracicaba: Funep, 2001.

**[27]** TAVARES, P.S. et al. Water balance components and climate extremes over Brazil under 1.5 C and 2.0 C of global warming scenarios. Regional Environmental Change, v. 23, n. 1, p. 40, 2023.

**[28]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water budget and its use in irrigation. In: The Yearbook of Agriculture - Water. Washington, D.C., Department of Agriculture, 1955. 74

**[29]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, New York, p. 55-94, 1948.

**[30]** TOOLEY, B.E.; MALLORY, E.B.; PORTER, G.A.; HOOGENBOOM, G. (2021). Predicting the response of a potato-grain production system to climate change for a humid continental climate using DSSAT. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 307, p. 108452,

**[31]** UNESCO. Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies, Mexico City, 26 July - 6 August, 1982.

**[32]** VICENTE, M.R. et al. (2018). Evapotranspiração de referência utilizando o método FAO Penman-Monteith com dados faltantes. Global Science Technology, Rio Verde, v. 11, n. 03, p. 217-228.

**[33]** WANNIARACHCHI, S.; SARUKKALIGE, R. A Review on Evapotranspiration Estimation in Agricultural Water Management: Past, Present, and Future. Hydrology, Amsterdam, v. 9, n. 7, p. 123, 2022.

**[34]** ZHAO, M. et al. Evapotranspiration frequently increases during droughts. Nature Climate Change, v. 12, n. 11, p. 1024-1030, 2022.

**[35]** ZOMER, R.J.; XU, J.; TRABUCCO, A. Version 3 of the global aridity index and potential evapotranspiration database. Scientific Data, v. 9, n. 1, p. 409, 2022.

# Capítulo 6

## *Chuva versus evapotranspiração quinquenal do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba*

*Romildo Morant de Holanda*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Cristiano José da Silva*

**Resumo:** Avaliar e analisar as variações quinquenal dos elementos chuva versus evapotranspiração, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, com o intuito de fornir informações ao setor agrícola, agronegócio, recursos hídricos, meio ambiente e aos profissionais que necessitam destas informações para desenvolvimentos de projetos. Para o cômputo do balanço hídrico, empregou-se do método de Thornthwaite, dos totais mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos, os dados térmicos (oC) foram gerados pelo software Estima – T, entre o período de 2010-2024. Os períodos quinquenais estudados registram deficiências hídricas acentuadas ocasionadas pela má distribuição pluvial. Os excedentes hídricos foram registrados nos três períodos quinquenais. As estimativas da ETP mensais para a área estudam apresentam dependência da localização geográfica e sobretudo, da orografia local. A falta da arborização nativa e o solo nu, desprovidos de vegetação rasteira e nativa corrobora para maiores variabilidades evapotranspirativos

**Palavras-Chave:** variabilidades evapotranspirativos; Agricultura; Recursos hídricos.

## INTRODUÇÃO

Para (Ortolani et al., 1987) o setor agrícola depende das condições de tempo e clima, para sua sustentabilidade e no fator econômico são responsáveis por 60 a 70% da variabilidade final da produção. As informações climáticas e como dissimulam todas as etapas agrícolas desde o plantio até o armazenamento dos produtos e seu transporte devem ser bem planejados para garantir maior sucesso.

Na Região Nordeste do Brasil (NEB), a maioria das atividades baseia-se na exploração dos recursos naturais, e em especial ao extrativismo da cobertura vegetal, o superpastejo de áreas nativas e a exploração agropecuária por meio de práticas de manejo do solo muitas vezes inadequada (Sampaio et al., 1997).

Como um componente vital do ciclo hidrológico, a precipitação, que inclui chuva, neve e granizo, afeta diretamente sistemas naturais e antrópicos. A distribuição da precipitação é crucial para a modelagem das paisagens e o abastecimento dos recursos hídricos, impactando processos geomorfológicos como a erosão e a sedimentação (Villela et al, 1975). Sua variabilidade está estreitamente ligada às mudanças climáticas, tornando o monitoramento essencial para a gestão sustentável dos recursos hídricos e a mitigação de riscos ambientais (Tundisi, 2008).

França et al, (2024) avaliaram e analisaram as variações bienal entre 2010-2023, do elemento evapotranspiração no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, utilizando o método de (Thornthwaite 1948; Thornthwaite et al., 1953), gerados através do balanço hídrico climatológico, com o intuito de fornecer informações confiáveis ao setor agrícola e do agronegócio. Os autores mostraram que na falta de elementos meteorológicos necessários para determinar a evapotranspiração, a equação de Thornthwaite pode ser utilizada com razoável precisão para a estimativa da evapotranspiração. As estimativas da ETP mensais para a área estudam apresentam dependência da localização geográfica e sobretudo, da orografia local. A falta da arborização nativa e o solo quase que completamente nu, corrobora para maiores variabilidades evapotranspirativos.

Medeiros et al, (2020) especializaram pelo método da krigagem os elementos precipitação, evapotranspiração e evaporação prováveis ao nível de 75% de probabilidade para 187 municípios foi levada nas estações verão e outono na região litorânea, zona da Mata e Agreste, gerando suas cartas e informações para os tomadores de decisões governamentais. Os autores concluíram que na falta de elementos meteorológicos necessários para determinar a evapotranspiração, a equação de Thornthwaite pode ser utilizada com razoável precisão para estimativa da evapotranspiração de determinada área.

Estudos vêm confirmando que as principais variações potenciais da elevação da ETP se evidenciam com acréscimos ocasionados pelas variações nos índices térmicos, radiação solar, as mudanças associadas ao déficit de pressão de vapor e velocidade do vento (Roderick et al. 2007; Cong et al. 2009; Fu et al. 2009; McVicar et al. 2012).

A década atual vem evidenciando maiores conflitos climáticos em diferentes partes do globo. Percebe-se alterações relevantes nos ciclos hidrológicos, os quais vêm ocasionando mudanças nos índices pluviais e nas suas quantidades, frequência, duração, alterando também, os poderes evaporativos e evapotranspirativos e temperatura, e por consequência, afeta a disponibilidade dos recursos hídricos, ocasionados pelas frequentes ocorrências dos eventos climáticos extremos (Rápalo et al., 2021; Santos et al., 2021).

O objetivo é avaliar e analisar as variações quinquenal dos elementos chuva versus evapotranspiração, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, , com o intuito de fornir informações ao setor agrícola, agronegócio, recursos hídricos, meio ambiente e aos profissionais que necessitam destas informações para desenvolvimentos de projetos.

## MATERIAL E MÉTODO

A área em estudo está posicionada nas coordenadas geográficas 7º43'S e 36º36'W, com altitude média de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025) (Figura 1).

**Figura 1:** Posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba.

Fonte: Medeiros (2026).

Segundo a classificação climática de Köppen (1928) e Köppen et al. (1931) e de acordo Alvares et al. (2014) o povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, tem o clima do tipo BSH (Clima quente de estepe temperatura elevada, chuvas escassas no inverno, temp. > 22° C). A área estudada está inserida nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba.

Para o cômputo do balanço hídrico, empregou-se do método de Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al. (1955), para tanto valeu-se do uso dos totais mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista). Os dados térmicos (ºC) foram gerados pelo software Estima – T, entre o período de 2010-2024.

A realização do balanço hídrico foi por utilização de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2020), onde o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, gerou-se os valores da evapotranspiração interanual, e aplicou-se estes valores a uma planilha eletrônica, visando aplicações estatísticas para o desenvolvimento deste artigo.

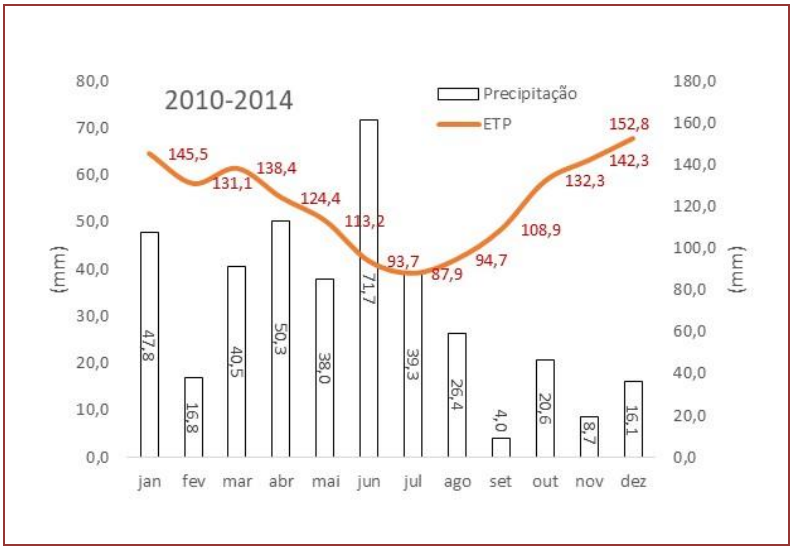
## RESULTADO E DISCUSSÃO

Diversos estudos mostram que aos efeitos climáticos vem ocasionando situações como ocorrências de ausência pluviais normais e/ou climáticas afetada negativamente as atividades agropecuárias (Castro et al., 1980), levando a graves impactos socioeconômicos e ambientais sem precedentes, (Souza et al., 2004).

A ETP quinquenal (2010-2014), oscila de 87,9 mm (agosto) a 152,8 mm (dezembro), os meses de maiores valores ocorreram em dezembro/janeiro e os de menores valores julho/agosto, destaca-se as reduções abril a setembro e os acréscimos evaporimetricas de outubro a fevereiro. Salienta-se que todos os valores pluviais foram abaixo da ETP (Figura 2).

As oscilações pluviais fluiriam de 4,0 mm (setembro) a 71,7 mm (junho), estas flutuações ocorreram devido aos sistemas de meso e microescala, contribuições dos efeitos local e regional, escalonados por sistemas de bloqueios atmosféricos, seguidos de períodos de seca moderada a fraca. Resultados foram detectados nos estudos de Cunha Filho et al, (2024); Medeiros (2020); IPCC (2023).

**Figura 2:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos quinquenal (2010-2014) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

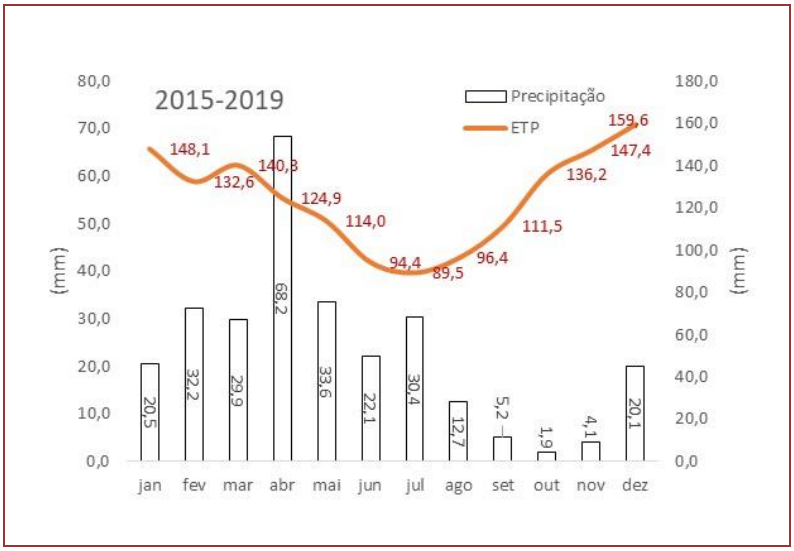



Fonte: Medeiros (2026).

A utilização de configuração precisa para aquisição de valores da ETP se faz de extrema necessidade para um bom planejamento de irrigação, agricultura família, agropecuária, recursos hídricos, meio ambiente manejo e socioeconômico, assim como o monitoramento de represamento de água e abastecimento (Kartal, 2024).

OS valores evapotranspirativos do quinquênio (2015-2019), superou todos os índices pluviais, conforme demonstrado na Figura 3. Foram detectados solo nu, alta velocidade vento e radiação solar, baixa cobertura de nuvens, fortes movimentos verticais descendentes e sistemas de bloqueio atmosféricos local e regional.

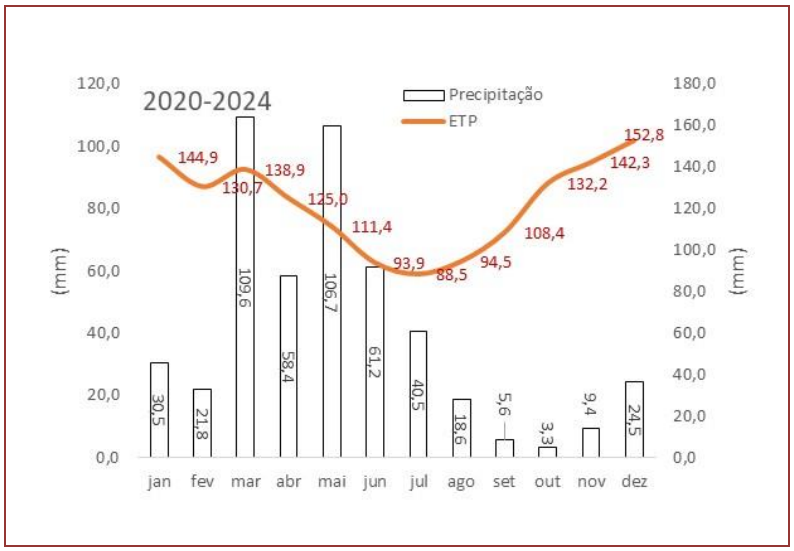
**Figura 3:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos quinquenal (2015-2019) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição pluvial e evapotranspirativos quinquenal (2020-2024) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba (Figura 4), com chuvas irregulares e má distribuídas, ocasionadas pelos sistemas de meso e microescala e sem auxílios dos efeitos regional e local, deixaram os índices pluviais bem inferiores aos índices evapotranspirativos.

**Figura 4:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos quinquenal (2020-2024) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

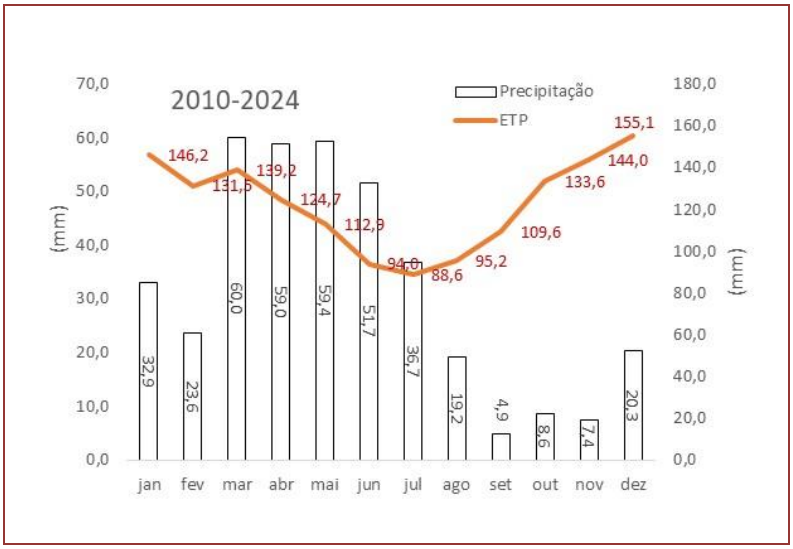



Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição da ETP e precipitação entre 2010-2024 está representada na figura 5. As flutuações evapotranspirativos oscilam de 88,6 mm (julho) a 155,1 mm (dezembro), os maiores índices evapotranspiradas registram-se em dezembro e janeiro e os menores em julho e agosto tais variabilidades estão interligados aos sistemas pluviais locais e

regionais, aos períodos chuvoso e seco e as flutuações de meso e microescala. (Medeiros 2021; IPCC 2023; IPCC 2021). Na distribuição pluvial registra-se as maiores incidências março a junho e as menores de setembro a novembro, estas flutuações ocorrem pelos sistemas provocadores e inibidores de chuva na região, e corroboram com os resultados de (Marengo et al., 2011).

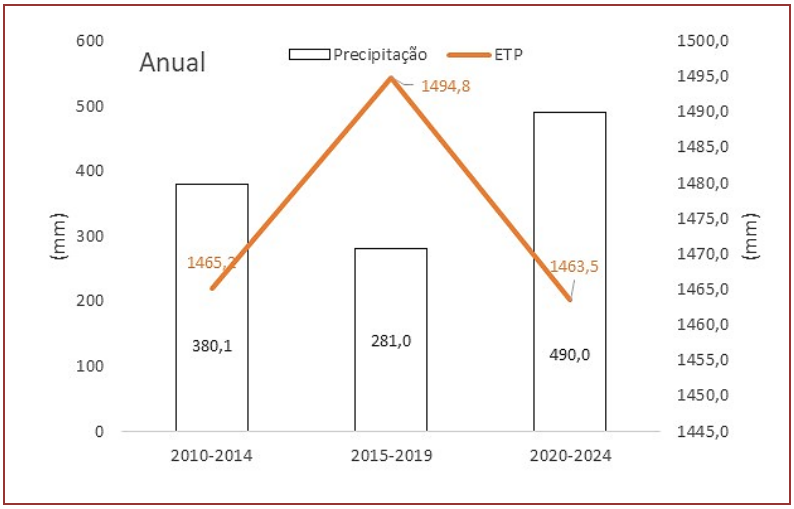
**Figura 5:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos entre 2010-2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição pluvial e evapotranspirativos anual (Figura 6), nos demonstram maiores incidências dos valores da ETP, ou seja, evapotranspirou superiores aos valores pluviais. Os sistemas provocadores de chuvas estiveram bloqueados e reduziram os índices pluviais, aumentando significativamente o poder evapotranspirativos da região estudada. Resultados com similaridades podem ser revistos nos estudos de Cunha Filho et al, (2024); Medeiros (2020).

**Figura 6:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos anual para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

Os períodos quinquenais estudados registram deficiências hídricas acentuadas ocasionadas pela má distribuição pluvial.

Os excedentes hídricos foram registrados nos três períodos quinquenais.

As estimativas da ETP mensais para a área estudam apresentam dependência da localização geográfica e sobretudo, da orografia local.

A falta da arborização nativa e o solo nu, desprovidos de vegetação rasteira e nativa corrobora para maiores variabilidades evapotranspirativos.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2025). João Pessoa, PB

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; AROVEK, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22*(6), 711–728. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

**[3]** CONG, Z.T.; YANG, D.W.; NI, G.H. Does evaporation paradox exist in China? Hydrol. Earth Syst. Sci. v.13, p.357-366, 2009.

**[4]** FRANÇA, M.V.; HOLANDA, R.M.; CUNHA FILHO, M.; MEDEIROS, R.M. Variações bienal da evapotranspiração no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil. Oscilações e variabilidades climáticas no povoado Ribeira de Cabaceiras / Paraíba, Brasil / Moacyr Cunha Filho [et al.], org. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2024. 236 p.: il. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3. ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

**[5]** FU, G.; CHARLES, S.P.; YU, J. A critical overview of pan evaporation trends over the last 50 years. Clim. Change 97,193-214, doi:10.1007/s10584-009-9579-1, 2009.

**[6]** KÖPPEN, W.(1931). *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter.

**[7]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes.

**[8]** IPCC - Intergovernmental Painel on Climate Change. Climate Change 2023. Synthesis Report. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Painel on Climate Change

**[9]** MARENGO, J.A.; et al. (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas, v. 1, Campina Grande, PB: INSA, p. 383- 416.

**[10]** MCVICAR, T.; RODERICK, M.; DONOHUE, R.; LI, T.L.; VAN NIEL, T.G.; THOMAS, A.;

**[11]** GRIESER, J.; JHAJHARAI, D.; HIMRI, Y.; MOHOWALD, N.M.; MESCHERSKAYA, A.V.;

**[12]** KRUGER, A.C.; REHMAN, S.; DINPASHOH, Y. Global review and synthesis of trends in

**[13]** observed terrestrial nearsurface wind speeds: Implications for evaporation. J. Hydrol. p.416-417, 182-205, doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.10.024, 2012.

**[14]** MEDEIROS, R.M. Fatores provocadores e/ou inibidores de chuva no estado da Paraíba. 2020

**[15]** MEDEIROS, R.M. Planilhas eletrônica para o Cômputo do balanço hídrico segundo a metodologia de Thornthwaite. 2020.

**[16]** MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W.P.; FRANÇA, M.V. (2021). Espacialização pelo método da Krigagem nas variabilidades pluvial, evapotranspiração e evaporação no Estado do Pernambuco – Brasil. Research, Society and Development, 10, n. 2, e51010212758, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12758

**[17]** RODERICK, M.L.; FARQUHAR, G.D. Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. Int. J. Climatol. v.24, p.1077-1090, 2004.

**[18]** RÁPALO, L.M.C.; ULIANA, E.M.; MOREIRA, M.C.; SILVA, D.D.; RIBEIRO, C.B.M.; CRUZ, I.F.; PEREIRA, D.R. Effects of land-use and-cover changes on streamflow regime in the Brasilian Savannah. Journal of Hydrology: Regional Studies, v.38, 100934, 2021.

**[19]** SANTOS, E.F.N.; BARRETO, I.D.C.; BARBOSA, E.A.S.; CAMPOS, L.; SILVA, A.S.A. Contribuição das técnicas multivariadas a índices de seca na compreensão das otto-regiões da bacia do São Francisco. Research, Society and Development, v.10, n.3, p.e7210313118, 2021.

**[20]** SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semiárida. *In:* Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. CD-ROOM. 1997.

**[21]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate.Geogr.Rev, v.38, p.55-94, 1948.

**[22]** THORNTHWAITE, C.W. Topoclimatology, Proc. Toronto Meteorologic Conf., p.227- 232.1953. THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R.The water balance.Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

**[23]** TUNDISI, J.G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. 2008. São Carlos: RiMa/IIE.

**[24]** VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

# Capítulo 7

## Cômputo da evapotranspiração por diferentes métodos analíticos no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024

*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Romildo Morant de Holanda*

**Resumo:** A performance dos métodos analíticos para estimar a evapotranspiração de referência muda em função das condições climáticas locais. Com este intuito tem-se objetivo, computar a evapotranspiração potencial (ETo), aplicando oito modelos analíticos diferentes, avaliar o desempenho e verificar quais modelos são mais adaptáveis para seu uso e aplicações, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. A temperatura média foi estimada pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T. O balanço hídrico foi estimado através do software Balanços Hídrico desenvolvido em planilhas eletrônicas. Os dados e as análises das distribuições pluviais de 2010-2024 foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos. A estimativa confiável e precisa de evapotranspiração em larga escala é fundamental para a pesquisa, no entanto, a simulação e sua previsão permanecem desafiadoras. Os modelos Camargo (1971); Camargo modificado e o modelo Schendel, e fogem dos padrões evapotranspiradas no estudo, ou seja, seus valores chegam aos máximos e mínimo extremos. Os modelos Thornthwaite e Baier-Robertson fluem com valores próximos aos padrões do estudo. Os modelos Hargreaves-Samani 1, 2 e 3 tem suas variabilidades evapotranspirativos com pequenas flutuações entre si, os quais dependem das condições climáticas local. Em caso de aplicabilidades para o cômputo da evapotranspiração, recomenda-se a escolhas dos modelos: Thornthwaite e Baier-Robertson; Hargreaves-Samani 1, 2 e 3

**Palavras-Chave:** Recursos hídricos e naturais; Métodos analíticos; Ciclo hidrológico.

## INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é um dos principais desafios encarados pelos habitantes da região semiárida brasileiro, sobretudo em localidades rurais afastadas dos centros urbanos, onde a implantação de sistemas adutores e redes convencionais de abastecimento de água é, em grande parte, inviável. Nesse contexto, torna-se essencial o desenvolvimento e a adoção de tecnologias apropriadas e soluções sustentáveis que promovam a convivência com a seca e a gestão eficiente dos recursos hídricos disponíveis. Nas últimas décadas, várias iniciativas voltadas à segurança hídrica vêm sendo implementadas, com evidência para as tecnologias sociais que buscam mitigar os efeitos da escassez de água e garantir o acesso a esse recurso essencial à vida.

Modelos analíticos de Superfície Terrestre são os principais instrumentos frequentes para simular e computar os valores da evapotranspiração (ETp) (Qian et al., 2023). Esses modelos geram conjuntos de dados em grade de longo prazo com resoluções espaço-temporais em escalas global, regional e local a, fornecendo um conjunto consistente de produtos para todos os fluxos e variáveis de estado dentro de restrições físicas (Sun et al., 2021). No entanto, simulações de modelos em grandes escalas estão associadas a incertezas causadas por erros de entradas, estrutura do modelo e parâmetros (Bafti et al., 2024; Chen et al., 2020; Sun et al., 2021; Zhang et al., 2023a). Aprimorar simulações de evapotranspiração em Modelos analíticos tem-se duas vantagens principais. Primeiro, em Modelos analíticos, os erros de simulação são significativamente correlacionados com os erros de simulação em evapotranspiração. Esses erros, por sua vez, influenciam a precisão da simulação de outros fluxos da superfície terrestre para a atmosfera. Assim, a correção de viés das simulações de evapotranspiração pode melhorar substancialmente o desempenho dos Modelos analíticos na simulação de interações abrangentes entre a superfície terrestre e a atmosfera (Wang et al., 2021). Em segundo lugar, embora os produtos de sensoriamento remoto forneçam dados de evapotranspiração de 1980 até o presente, as simulações de Modelos analíticos podem estender os dados de evapotranspiração por períodos mais longos, o que é crucial para previsões futuras de evapotranspiração e essencial para a Ciência do Sistema Terrestre (Fu et al., 2025).

A evapotranspiração atua como uma ponte entre a terra e a atmosfera, desempenhando um papel vital na troca de energia, água e carbono entre a biosfera terrestre, a hidrosfera, a atmosfera e a pedosfera (Chang et al., 2022; Qian et al., 2023). A simulação e a previsão confiáveis e precisas da ETp em larga escala são fundamentais para a pesquisa em Ciência do Sistema Terrestre, abrangendo ciclos hídricos regionais e globais, análise do balanço hídrico, gestão de recursos hídricos, previsão da produtividade agrícola e previsões climáticas (Qian et al., 2023; Sun et al., 2021; Xie et al., 2024; Yao et al., 2023). Entretanto, a simulação e a previsão de ET em larga escala continuam desafiadoras principalmente devido às interações complexas entre vários fatores, como radiação, demanda evaporativa atmosférica, conteúdo de água do solo (SWC) e seus efeitos de escala (Bafti et al., 2024; Yan et al., 2023).

Camargo et al, (2000) classificaram da seguinte forma o trabalho destes dois pesquisadores: o trabalho de Thornthwaite foi uma pesquisa analítica, empírica e fundamentada na análise dos fatos, enquanto Penman fez uma abordagem sintética, científica e firmada no conhecimento físico que rege o fenômeno. Já o método de Hargreaves-Samani, relativamente simples, e que pode ser empregado com facilidade pelos produtores rurais.

Segundo Carvalho et al, (2011), dentre os métodos mais simples de cálculo da evapotranspiração tem destaque o de Thornthwaite, que utiliza somente dados de temperatura do ar e do fotoperíodo local. Conforme os autores destacaram que os métodos de Hargreaves e Samani, Jensen et al, e Camargo utilizam dados de temperatura e radiação solar (extraterrestre e global). Dentre os métodos que utilizam maior número de variáveis meteorológicas, Carvalho et al, (2011) destacam o de Makkink, que necessita de dados de radiação solar global e temperatura de bulbo úmido, bem como os métodos da Radiação Solar e de Blaney-Criddle que, além da temperatura do ar, da temperatura de bulbo úmido e da radiação solar, necessitam, também, das medidas de vento, umidade relativa do ar, insolação e fotoperíodo. Já o método de Linacre, segundo os mesmos autores, necessita das informações de altitude, latitude, temperatura do ar e ponto de orvalho.

Syperreck et al. (2008) depararam com bons ajustes e desempenhos dos métodos Hargreaves-Samani e Camargo, quando comparados com o de Penman-Monteith na escala diária e ambos os modelos dependem da temperatura para sua realização. Santos et al. (2010) afirmaram que métodos empíricos, como o de Camargo, estimam bem a ETo na escala mensal, por envolverem poucas variáveis.

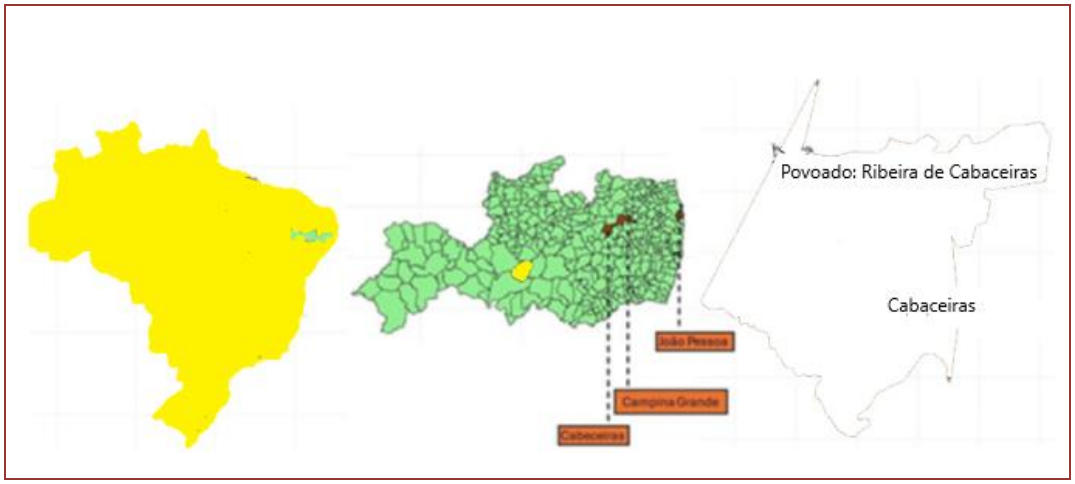
Segundo Vincent et al, (2005) cenários de mudanças no comportamento médio do clima podem estar associados a eventos extremos, e tais eventos são alvo de várias pesquisas e trabalhos na comunidade científica em geral, devido ao aumento de perdas econômicas e vidas humanas causados pela ocorrência desses eventos.

Com este intuito tem-se objetivo, computar a evapotranspiração potencial (ETo), aplicando oito modelos analíticos diferentes, avaliar o desempenho e verificar quais modelos são mais adaptáveis para seu uso e aplicações, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

## MATERIAL E METODO

A área estudada, localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, posicionando-se em 7º43’S e 36º36’W de Greenwich, com altitude de 391 metros, encontra-se na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Segundo a metodologia de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953) o clima é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), na metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o clima é BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22°C) o estudo de Alvares et al, (2014), reconfirma o tipo da classificação descrita.

A temperatura média foi estimada pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T (Cavalcanti et al., 2006; Cavalcanti et al., 1994). O balanço hídrico foi estimado através do software Balanços Hídrico desenvolvido em planilhas eletrônicas (Medeiros, 2018).

Os dados e as análises das distribuições pluviais de 2010-2024 foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, (AESA, 2025).

Os métodos usados para calcular a evapotranspiração são os apresentados na tabela 1, onde os parâmetros utilizados são de fácil acesso e manuseio comuns.

**Tabela 1:** Modelos analíticos de fácil manuseios e aplicações, dos elementos meteorológicos, temperatura, radiação, umidade relativa do ar

| Método | Equação | Referência |
|---|---|---|
| Hargreaves-Samani 1 | ETo = 0,408*0,0030*(T+20)*($T_{max}$-$T_{mim}$)^0,4*Ra | Drooger et al, (2002) |
| Hargreaves-Samani 2 | ETo = 0,408*0,0023*(T+16,8)*( $T_{max}$-$T_{mim}$)^0,5*Ra | Drooger et al, (2002) |
| Hargreaves-Samani 3 | ETo = 0,408*0,0025*(T+17,8)*( $T_{max}$-$T_{mim}$)^0,24*Ra | Trajkovic (2007) |
| Camargo (1971) | ETo = 0,01 * RA * T * k | Araújo et al, (2012) |
| Camargo modificado | ETo=0,408 * F * Ra * (0,36 * (3 *( $T_{max}$-$T_{mim}$))) | Araújo et al, (2012) |
| Thornthwaite | ETo = f1,6(10*T/I)$^a$ | Thornthwaite (1955) |
| Schendel | ETo = 16*T/UR | Tabari et al, (2013) |
| Baier-Robertson | ETo = 0,157*$T_{max}$+0,158($T_{max}$-$T_{mim}$)+0,109*Ra-5,39 | Tanaka et al, (2021) |

Fonte: Medeiros (2026).

Onde:

ETP – evapotranspiração potencial (mm/mês);

$T_{max}$ – temperatura máxima mensal (°C);

$T_{mim}$ – temperatura mínima mensal (°C);

T – temperatura média mensal (°C);

Ra – Radiação Solar;

I – índice de calor anual;

$$I = \sum_{1}^{12} (T/5)^{1,514}$$

a – função cúbica de I;

f – fator de ajuste, calculando pela seguinte formula;

h – número de horas de luz solar na latitude do local de estudo;

n – número de dias dos meses em estudo;

UR – umidade relativa do ar, em %.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Com observações limitadas de evapotranspiração in loco (Allies et al., 2022), avaliar e melhorar suas simulações nos casos de larga escala baseadas em modelos analíticos tornou-se uma abordagem popular (Ge et al., 2024; Yi et al., 2024; Zhu et al., 2022).

Conforme Medeiros (2002), as principais variáveis que fornecem energia para o processo de vaporização são estas apresentadas anteriormente: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e a radiação solar. Deste modo estas variáveis influenciaram diretamente nos valores apresentados pelos diferentes modelos.

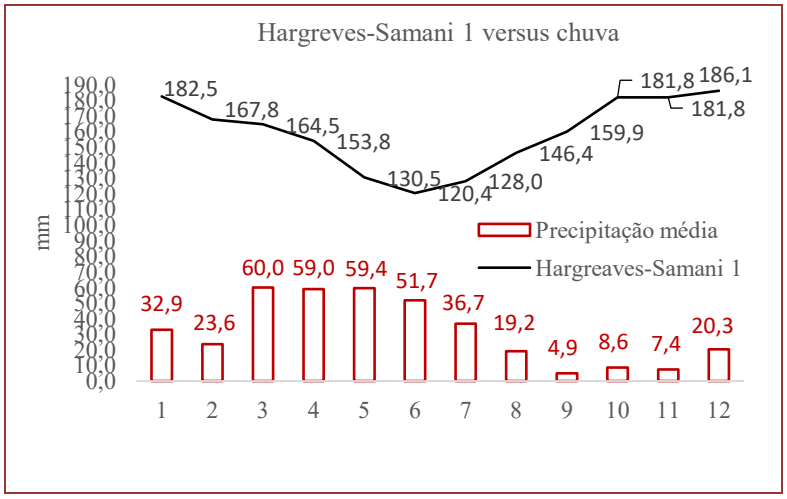
No modelo de Hagreaves-Samani 1; Hagreaves-Samani 2 e Hagreaves-Samani 3, os parâmetros temperatura máxima, média e mínima e radiação solar, foram utilizados para a realização dos seus índices evapotranspirativos.

O cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves é menos complexo do que o método de Penman-Monteith. Este método é utilizado quando não existem dados de radiação global solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Neste caso, podem-se obter os valores de evapotranspiração de referência, em milímetros diário, pelo método de Hargreaves (Hargreaves, 1974)

Na Figura 2, tem-se as distribuições pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo de Hagreaves-Samani 1. As flutuações pluviais oscilaram de 4,9 mm (setembro) a 60,0 mm (março), os meses de menores índices pluviais foram: agosto a dezembro e os maiores índices evapotranspirativos e os maiores índices pluviais registraram-se entre janeiro a julho com os menores índices evapotranspirativos, exceto o mês de fevereiro.

As flutuações percentuais entre precipitação e evapotranspiração registram menores percentuais de agosto a dezembro e fevereiro, fluindo de 3,1% a 14,1%. Entre janeiro e julho seus percentuais oscilaram de 18,0% a 45,6%, sendo as maiores oscilações estudadas. Similaridade podem serem revista nos estudos de França et al, 2022); Carvalho2, et al, 2011. IPCC (2023) e IPCC (2021).

**Figura 2:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo de Hagreaves-Samani 1.

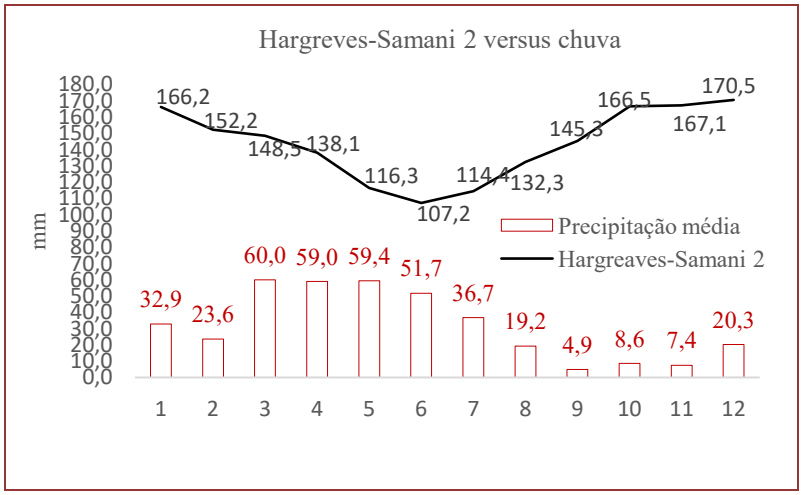



Fonte: Medeiros (2026).

Utilizando-se dos dados térmicos e da radiação solar, realizou-se o cômputo da evapotranspiração pelo modelo de Hagreaves-Samani 2, (Figura 3), onde os maiores valores de evapotranspiração centraram-se nos meses de setembro a março e baixos índices pluviais e seus menores índices de abril a agosto, com elevadas taxas de precipitação. O mês de junho tem seus picos de mínima e seu pico de máxima ocorrem em dezembro, entre julho a dezembro destaca-se acréscimo gradativo dos índices evapotranspirativos e de abril a junho redução evapotranspirativos. Estas consequências são condizentes com os valores ressaltados nos estudos de Matos et al, (2019).

As flutuações percentuais entre precipitação e evapotranspiração registram menores percentuais de agosto a dezembro e fevereiro, fluindo de 3,4% a 15,5%. Entre janeiro e julho seus percentuais oscilaram de 19,0% a 51,1%, sendo as maiores oscilações estudadas. Similaridade podem serem revista nos estudos de França et al, (2022); IPCC (2023).

**Figura 3:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Hagreaves-Samani 2.

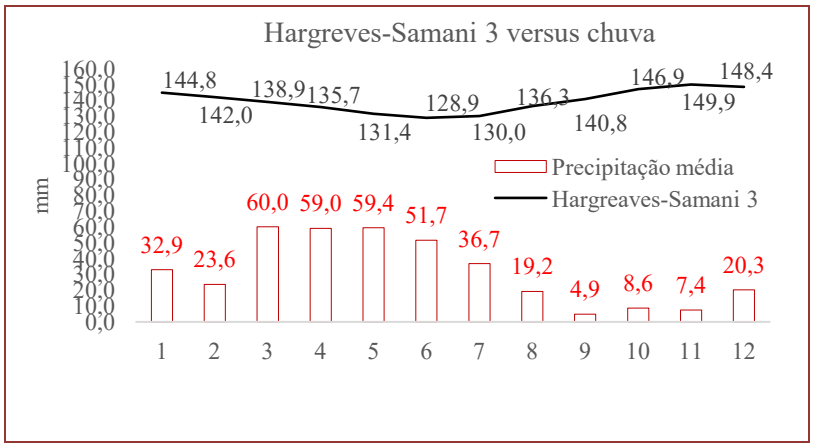



Fonte: Medeiros (2026).

No modelo Hagreaves-Samani 3 (Figura 4) os índices evapotranspirativos fluem de 128,9 mm (junho) a 149,9 mm (novembro), considerados como seus picos de mínima e máxima. Registra-se acréscimo gradual entre os meses de julho a dezembro e reduções nos índices pluviais no mesmo intervalo de meses. De janeiro a junho os índices pluviais e evapotranspirativos registram as maiores elevações, o que vem a corroborar com os valores encontrados nos estudos de Matos et al, (2019).

As menores flutuações percentuais ocorreram entre agosto a dezembro e fevereiro, e as maiores oscilações percentuais registra-se de janeiro a julho, estas flutuações estão interligadas aos movimentos atmosféricos atuantes, as contribuições regional e local. As maiores variabilidades de ETp registra-se quando os índices pluviais são mínimos ou baixos, e os menores valores de ETp ocorrem quando os índices pluviais são máximos, ou seja, quando está ocorrendo chuvas, estas flutuações corroboram com os resultados de Marengo et al, (2017); França et al, (2022) e IPCC (2023).

**Figura 4:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Hagreaves-Samani 3.

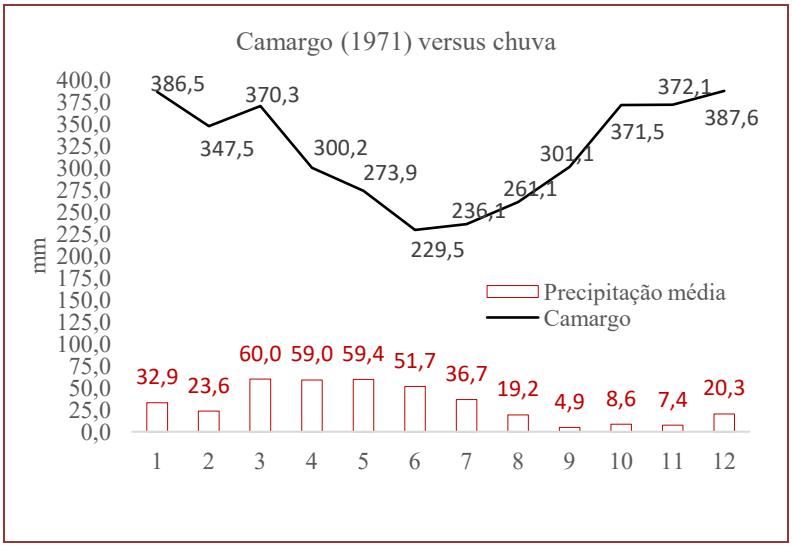



Fonte: Medeiros (2026).

Camargo (1971), baseado em resultados obtidos pelo método de Thornthwaite, propôs um novo método, mais simples e com eficiência semelhante ao de Thornthwaite. Essa metodologia é baseada apenas em dados de temperatura média do ar e radiação solar extraterrestre, sendo esta última variável, a qual requer somente a latitude local.

A importância na escolha do método mais adequado para estimativa da ETo, ocorre em função das dificuldades em mensurar diretamente as perdas além do conhecimento relativo à quantidade d'água a ser aplicada em determinada atividade, de forma a se obter maior exatidão, reduzindo as perdas e custos com água e energia. O método de Camargo (1971), (Figura 5) tem seus valores percentuais fluindo de 1,6% setembro a 22,5% junho. Os menores índices evapotranspirativos registram-se de maio a agosto e seus maiores índices de setembro a maio. O modelo de Camargo (1971), os valores originais do método de Camargo registraram erros elevados, superestimando o modelo de PMFAO56 em mais de 1 mm/dia, o que contradiz os resultados obtidos por França et al, (2022) e Medeiros (2024).

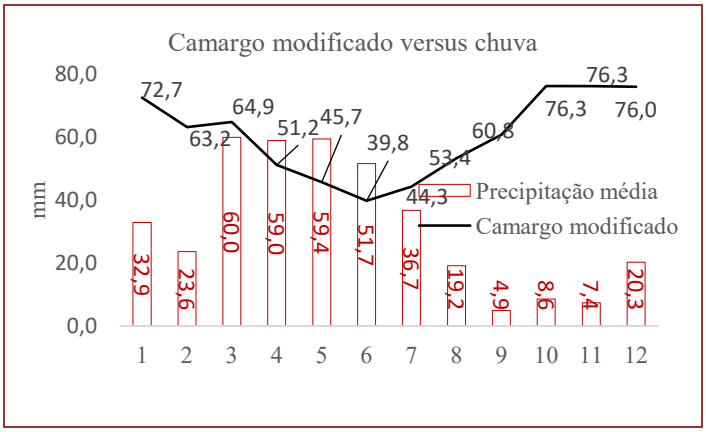
**Figura 5:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Camargo (1971).




Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição pluvial e evapotranspirativos do modelo Camargo modificado (Figura 6), sobrestimando os dados, para a região em estudo. Os meses de menores índices evapotranspirativos ocorrem em maio, junho e julho e nos demais meses do ano registra valores evapotranspiradas elevados. O que contradiz os resultados obtidos por França et al, (2022).

**Figura 6:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Camargo modificado.

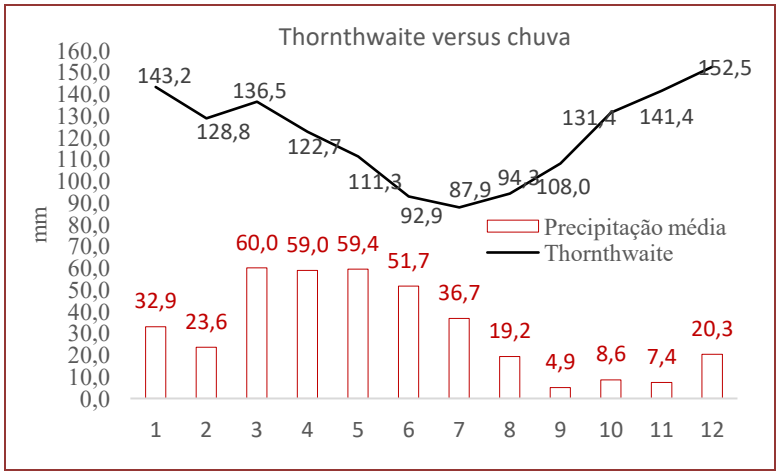



Fonte: Medeiros (2026).

Os impactos ambientais ocasionados pela população que vem contribuindo nos acréscimos do calor, mudanças climáticas e nos elementos do clima Global, regional e local são desmatamentos, queimadas, ocupação de áreas de mananciais, substituição de combustíveis fósseis no transporte público, ampliação de áreas verdes, visando redução da temperatura e dos poderes evapotranspirativos, redução de cobertura asfáltica, redução das edificações superior a 5 piso, destinação correta dos resíduos e das poluição das águas.

A distribuição pluvial e evapotranspirativos computada pela metodologia de Thornthwaite (Figura 7), tem oscilações inter mensal fluindo de 87,9 mm (julho) a 152,5 mm (dezembro). As maiores oscilações de ETp ocorrem entre setembro a maio e as menores de junho a agosto. Destaca-se que a flutuações térmicas são responsáveis por tais flutuações como discutidas, visto que este método utiliza só precipitação e temperatura. Similaridades vem a contribuir com as discussões segundo Francisco et al, (2018).

**Figura 7:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Thornthwaite.




Fonte: Medeiros (2026).

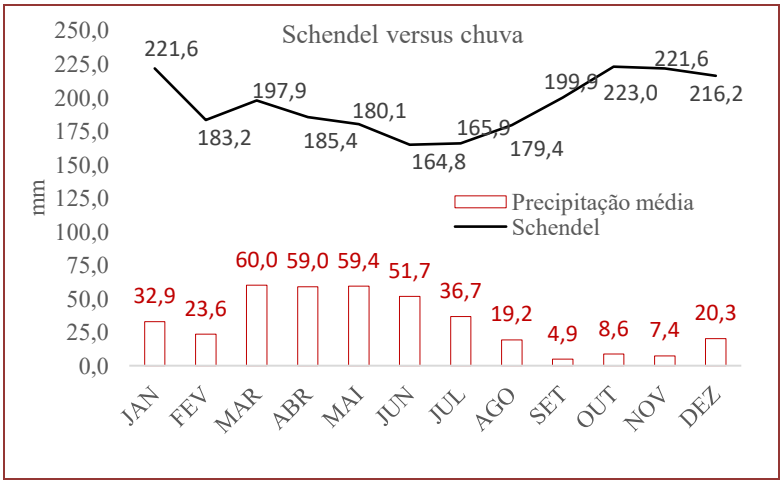
Salienta-se que na ausência de elementos meteorológicos necessários para determinar a evapotranspiração, a equação de Thornthwaite pode ser utilizada com razoável precisão para a estimativa da evapotranspiração na área estudada. Visto que só depende de temperatura e do índice de calor anual.

Camargo e Camargo (2000) ressaltam que em condições de aridez, o método tende a subestimar os valores da evapotranspiração potencial, enquanto em condições superúmidas, o método tende a superestimar os valores da evapotranspiração potencial. Em geral, o método tem boa estimativa para o clima úmido, independente da latitude e altitude, quando comparado com o método de Penman.

O método de Schendel, para calcular a evapotranspiração, é uma abordagem empírica, geralmente utilizada em regiões semiáridas ou áridas, onde a falta de dados climáticos mais detalhados dificulta a aplicação de métodos mais sofisticados. Este método utiliza a precipitação e a temperatura para estimar a evapotranspiração potencial, ou seja, a evapotranspiração que ocorreria se a água fosse abundante.

As oscilações evapotranspirativos e os índices pluviais estão representados na figura 8, com flutuações de 164,8 mm (junho) a 216,6 mm (novembro, dezembro e janeiro), sendo o trimestre menos chuvoso e de solo nu e seco, onde as ocorrências de chuvas bate no solo e escoa seguidamente, as ocorrências pluviais são má distribuídas e irregulares, ocasionado índices evapotranspirativos moderados a fortes no transcorrer dos meses. contradizendo os resultados obtidos por França et al, (2022).

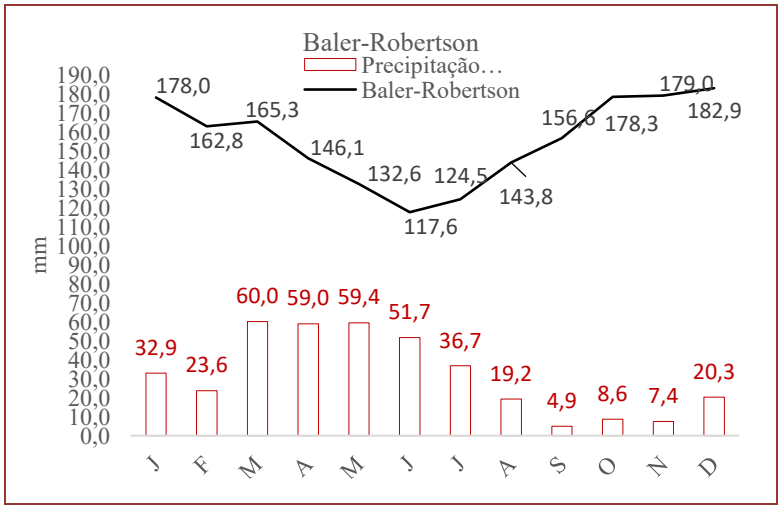
**Figura 8:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Schendel.




Fonte: Medeiros (2026).

O modelo Baier-Robertson (Figura 9) tem oscilações percentuais fluindo de 32,2% (setembro) a 44,8% (maio), suas menores flutuações percentuais registram-se de agosto a dezembro e fevereiro e as maiores de janeiro a julho, que conheciden com os maiores e menores índices pluviais e evapotranspirativos. Seus picos de máximo e mínimos registram-se em junho e dezembro respectivamente. A relação evapotranspiração e precipitação em seus valores anuais evidenciaram que precipita menor que evapotranspiração, consistem no fato do solo reter água. O regime de chuvas, com uma estação seca bem definida, associado à má distribuição das chuvas durante a estação chuvosa.

**Figura 9:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos utilizando-se do modelo Baier-Robertson.

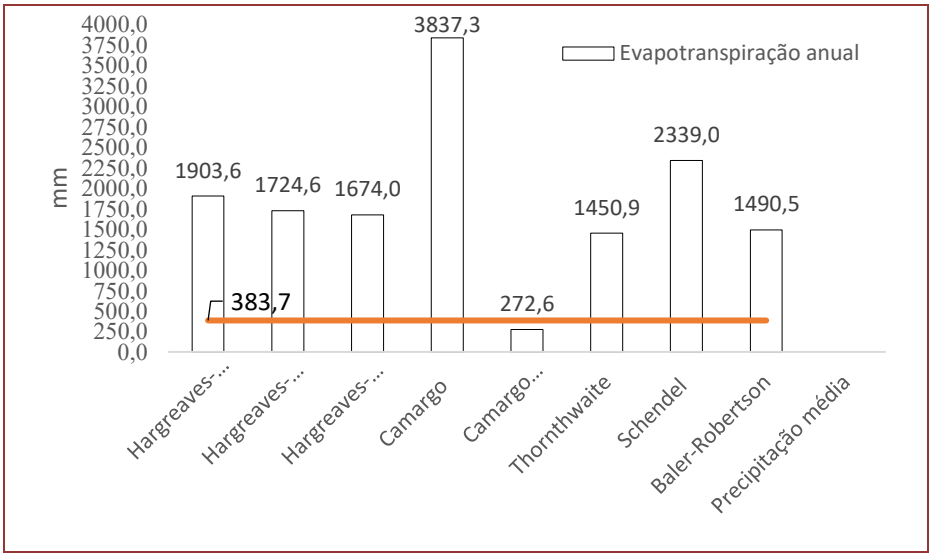



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 10 tem-se a distribuição pluvial e evapotranspirativos anual do modelo estudados. Chama-se a atenção para os modelos Camargo (1971) e Camargo modificado, que fogem dos demais padrões em estudo, ou seja, seus valores chegam aos máximos e mínimo extremos, salienta-se que o modelo Schendel foge dos demais valores evapotranspiradas. Os modelos Thornthwaite e Baier-Robertson fluem com valores

próximos. Os modelos Hargreaves-Samani 1, 2 e 3 tem suas variabilidades evapotranspirativos com pequenas flutuações entre si, os quais dependem das condições climáticas local (Marengo et al, 2011).

**Figura 10:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos anual do modelo estudados.

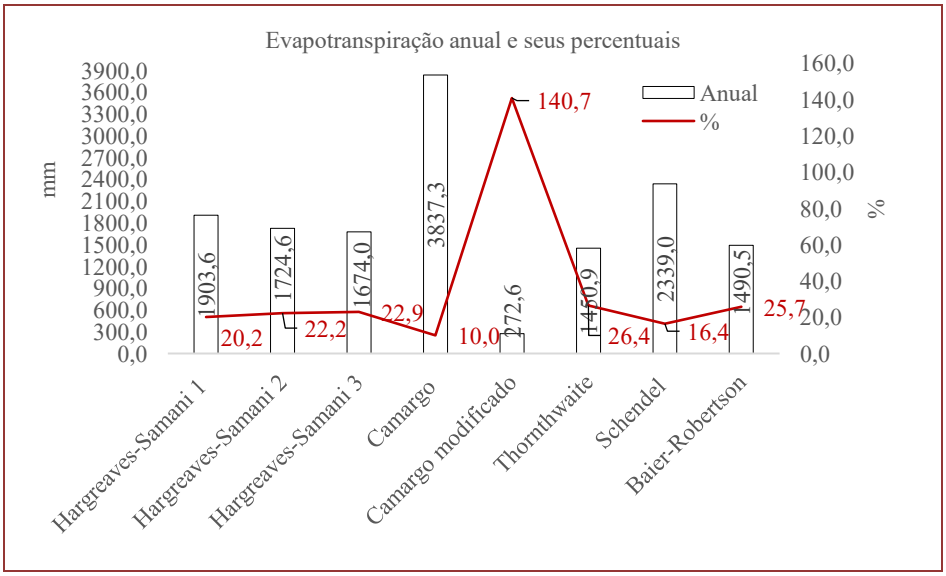



Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações evapotranspirativos e seus percentuais anuais por modelos, conforme demonstrado na figura 11. Para os três modelos Hargreaves-Samani 1, 2 e 3, registraram percentuais de 20,2%, 22,2% e 22,9%. O modelo Camargo (1971) com percentual de 10,0%, Camargo Modificado com 140,7%; Thornthwaite com 26,4%; e os modelos Schendel e Baier-Robertson registraram percentuais de 16,4% e 25,7%.

Para aplicações destes modelos tem-se que ter consciências que está aplicando-se o mais correto e que supra as necessidades da área estudada.

**Figura 11:** Distribuição pluvial e evapotranspirativos anual e seus respectivos percentuais dos modelos estudados.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

A estimativa confiável e precisa de evapotranspiração em larga escala é fundamental para a pesquisa, no entanto, a simulação e sua previsão permanecem desafiadoras.

Os modelos Camargo (1971); Camargo modificado e o modelo Schendel, e fogem dos padrões evapotranspiradas no estudo, ou seja, seus valores chegam aos máximos e mínimo extremos. Os modelos Thornthwaite e Baier-Robertson fluem com valores próximos aos padrões do estudo. Os modelos Hargreaves-Samani 1, 2 e 3 tem suas variabilidades evapotranspirativos com pequenas flutuações entre si, os quais dependem das condições climáticas local.

Em caso de aplicabilidades para o cômputo da evapotranspiração, recomenda-se a escolhas dos modelos: Thornthwaite; Baier-Robertson; Hargreaves-Samani 1, 2 e 3.

Na falta de elementos meteorológicos necessários para determinar a evapotranspiração, a equação de Thornthwaite pode ser utilizada com razoável precisão para a estimativa da evapotranspiração na área estudada.

## REFERÊNCIAS

**[1]** ALLIES, A. et al. A remote sensing data fusion method for continuous daily evapotranspiration mapping at kilometric scale in Sahelian areas. J. Hydrol. (2022)

**[2]** BAFTI, A.G. et al. Automated actual evapotranspiration estimation: Hybrid model of a novel attention based U-Net and metaheuristic optimization algorithms. Atmos. Res. (2024)

**[3]** CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Bragantia, Campinas, v. 59, n.2, p, 125-137, 2000.

**[4]** CAMARGO, A.P; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de stimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

**[5]** CAMARGO, A. P. de. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1971. 28 p. (IAC. Boletim técnico, 116).

**[6]** CARVALHO, L.G.; RIOS, G.F.A.; MIRANDA,W.L.; NETO, P.C. Evapotranspiração de referência:Uma abordagem atual de diferentes métodos deestimativa. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.41, n.3, p.456-465, 2011. Disponível em:<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/12760/9732>.

**[7]** CHANG, Y. et al. Dynamics and environmental controls of evapotranspiration for typical alpine meadow in the northeastern Tibetan Plateau. J. Hydrol. (2022).

**[8]** CHEN, J.M.; LIU, D. Evolution of evapotranspiration models using thermal and shortwave remote sensing data. Remote Sens. Environ. (2020)

**[9]** CHEN, Y.; LIU, D. Evaluation of nine sub-daily soil moisture model products over China using high-resolution in situ observations. J. Hydrol. (2020)

**[10]** DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predictingcropwaterrequirements. FAO - Irrigation and Drainage Paper, n. 24, p.179,1977.

**[11]** FRANCISCO, P.R.M.; MEDEIROS, R.M; SANTOS, D.. Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo de 100 mm – Estado da Paraíba, ed.1. Campina Grande: Universitária, 2018, v.1., p.257.

**[12]** Fu, B. et al. Geography's hotspots and frontiers: diverse, systematic, and intelligent trends. Geogr. Sustain. (2025).

**[13]** GE, J. et al. Characteristics and determining factors of spring-summer consecutive drought variations in Northwest China. Atmos. Res. (2024)

**[14]** GHEYI, H.R. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 33).

**[15]** FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W.R. Análise da estimativa da evapotranspiração por diferentes modelos para Amparo de São Francisco–Sergipe. Research, Society and Development, v.10, n.13, e514101321505, 2021. (CC BY 4.0). ISSN 2525-3409 DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21505.

**[16]** HARGREAVES, G. H. Estimation of potential and crop evapotranspiration. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 701-704, 1974.

**[17]** HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.

**[18]** HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.129, p.53-63, 2003.

**[19]** MEDEIROS, A.C. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE. 2002. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia): Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

**[20]** QIAN, L. et al. High uncertainty of evapotranspiration products under extreme climatic conditions. J. Hydrol. (2023)

**[21]** SAMANI, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reston, v.126, n.4, p.265-267, 2000.

**[22]** SANTOS, W.O. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para a região de Mossoró-RN. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 05, n. 05, p. 210-221, 2010.

**[23]** SUN, R. et al. Understanding the spatial patterns of evapotranspiration estimates from land surface models over China. J. Hydrol. (2021)

**[24]** SYPERRECK, V.L.G. et al. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. Acta Sci. Agron., Maringá, v. 30, p. 603-609, 2008.

**[25]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

**[26]** THORNTHWAITE, C.W. The climates of North America according to a new classification. The Geographical Review, v. 21, p. 633-655, 1931.

**[27]** THORNTHWAITE, C.W. The climates of the earth. The Geographical Review, v. 23, p. 433-440, 1933.

**[28]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.

**[29]** XIE, Z. et al. Evaluation of seven satellite-based and two reanalysis global terrestrial evapotranspiration products. J. Hydrol. (2024).

**[30]** VINCENT, L.A; PETERSON, T.C.; BARROS, V.R.; MARINO, M.B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M.A.; GRIMM, A.M.; MARENGO, J.A.; MOLION, L.; MONCUNILL, D.F.; REBELLO, E.; ANUNCIAÇÃO, Y.M.T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J.L.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M.R.; KAROLY, D.; Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. Journal of Climate 18: 5011-5023, 2005.

**[31]** YAN, X. et al. Deep learning for daily potential evapotranspiration using a HS-LSTM approach

**[32]** Atmos. Res. (2023).

**[33]** YAO, T. et al. Uncertainties of three high-resolution actual evapotranspiration products across China: comparisons and applications. Atmos. Res. (2023).

**[34]** ZHU, W. et al. Multi-scale evaluation of global evapotranspiration products derived from remote sensing images: accuracy and uncertainty. J. Hydrol. (2022)

# Capítulo 8

## Tendência evapotranspirativos do Povoado Ribeira De Cabaceiras – Paraíba

*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Romildo Morant de Holanda*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Wagner Rodolfo de Araújo*

**Resumo:** Diagnosticar e analisar e tendência de distribuição temporal mensal evapotranspirativos, compreendida entre 2010 e 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. Valeu-se dos totais mensais e anuais, evapotranspirativos fornecido pelo cômputo do balanço hídrico, desenvolvido pelo método de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al., (1955). Para análise dos dados utilizou-se de programa em planilhas eletrônicas para confecções das planilhas mensais e seus respectivos gráficos. As tendências de redução ou aumento evapotranspirativos tem coeficiente de determinação da regressão os quais nada se pode afirmar. Os resultados da evapotranspiração apresentam similaridades com diversos estudos realizados para a região semiárida do Nordeste brasileiro. Esta tendência, é um reflexo da variação espacial da temperatura média do ar mensal na área de estudo. As tendências positivas observadas podem estar associadas a eventos climáticos como os de meso e microescala, regional e local e outros fenômenos cíclicos atuantes na atmosfera Global. Essas tendências refletem não apenas mudanças ambientais locais, mas também têm importantes implicações para os ecossistemas e gestão sustentável da água.

**Palavras-Chave:** Regressão linear; Oscilações evapotranspirativos; séries climáticas.

## INTRODUÇÃO

Diversos autores avaliaram a tendência na precipitação observada no Nordeste brasileiro (NEB) durante o século XX. Segundo Haylock et al. (2006) a análise da precipitação sobre a América do Sul e observaram uma tendência de aumento do total anual de chuva sobre o NEB. O estudo realizado por Santos et al. (2007), utilizando índices de extremos climáticos e correlacionando-os com as anomalias de TSM, também demonstra tendência de aumento da precipitação total anual nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Santos et al. (2009) mostraram tendências de aumento de precipitação para o estado do Ceará.

Tais formulações são muitas vezes referidas, como área molhada potencial, de acordo com Morton (1983); Priestley et al. (1972) indicam que são mais adequados para ambientes de energia limitada. Modelos físicos, tais como, o método de Penman e as equações de Penman-Monteith, segundo Monteith (1981) e Penman (1948), são fisicamente derivados, exceto para os termos de resistência, e explicitamente incorporados a todas as variáveis de condução.

Evapotranspiração terrestre é um dos componentes mais importantes do ciclo hidrológico, afetando o equilíbrio de água na superfície da Terra. É também uma das variáveis meteorológicas que é muito aplicada à tomada de decisão em hidrologia, agroecologia, irrigação e outras áreas afins (Fu et al., 2009; Roderick et al., 2009). Resultados demonstram que a magnitude das tendências evapotranspiradas são fatores determinantes, que variam muito de região para região. Estudos adicionais sobre a evapotranspiração e registros em diferentes regiões dos países tropicais é sem dúvida útil para fornecer mais evidências e entendermos melhor a variabilidade e a tendência da evapotranspiração global.

Rebouças (2006) mostrou que a água é um recurso essencial para a conservação da vida, principalmente a “água doce”, que mantem os seres vivos ativos, utilizando-se de abastecimento para consumo humano, atividades industrial e agropecuária, agronegócio e importância para os ecossistemas.

A regressão linear é um procedimento para se estimar a condicional (valor esperado) de uma variável y, dados os valores de algumas outras variáveis x. A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X. Através da estatística descritiva, podemos ter características essenciais para a formação de histograma de frequências relativas de uma amostra de dados hidrológicos de acordo com Naghettini et al, (2007).

Para Soriano (1997) a análise de tendências em séries históricas de variáveis meteorológicas é importante para verificar a variabilidade climática interanual e decenal para que assim sejam identificados como as mudanças climáticas podem modular estes padrões temporais de variabilidade.

Francisco et al, (2017) estimaram e avaliaram as oscilações evapotranspirativos e suas flutuações espaço-temporal no Estado da Paraíba, Os resultados mostraram que as estimativas de ETo mensais na área de estudo, apresentaram dependência da localização geográfica, sobretudo, da topografia local; os resultados estão de acordo com vários estudos realizados para a região semiárida do Nordeste Brasileiro; esta tendência é um reflexo da variação espacial da temperatura média o ar mensal na área de estudo; em todos os meses do ano as regiões do Litoral, Brejo e Sertão demandaram as maiores taxas

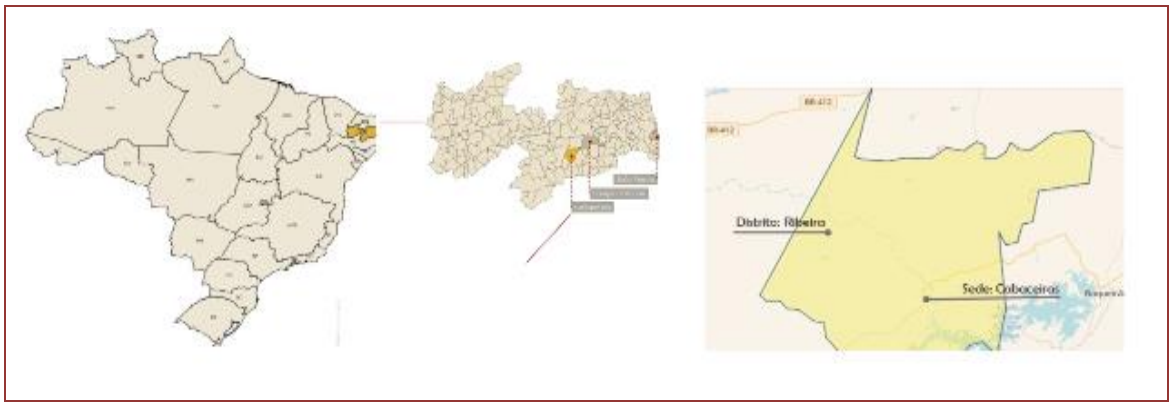
evapotranspiratórias e as menores taxas ocorreram no Agreste, Cariri/Curimataú e Alto Sertão.

Com este intuito objetiva-se diagnosticar e analisar e tendência de distribuição temporal mensal evapotranspirativos, compreendida entre 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira está localizado na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1), o povoado limita-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). Posicionado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano Medeiros (2024).

Valeu-se dos totais mensais e anuais, evapotranspirativos fornecido pelo cômputo do balanço hídrico, desenvolvido pelo método de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al., (1955). Para análise dos dados utilizou-se de programa em planilhas eletrônicas para confecções das planilhas mensais e seus respectivos gráficos. (Medeiros 2020).

Utilizou-se da acutila proposta por Meis et al. (1981) e empregada por Xavier et al., (2005), definida da seguinte forma: os valores anuais que mais se aproximaram do valor médio foram caracterizados como intermediários, e os valores evapotranspirativos anual que se afastaram da média foram considerados como representativos para os anos mais

secos e mais úmidos. Utilizou-se uma escala de variação de 25% em relação à média para os meses intermediários; valores acima da escala caracterizaram-se como anos muito chuvosos, e os abaixo dos 25%, anos secos.

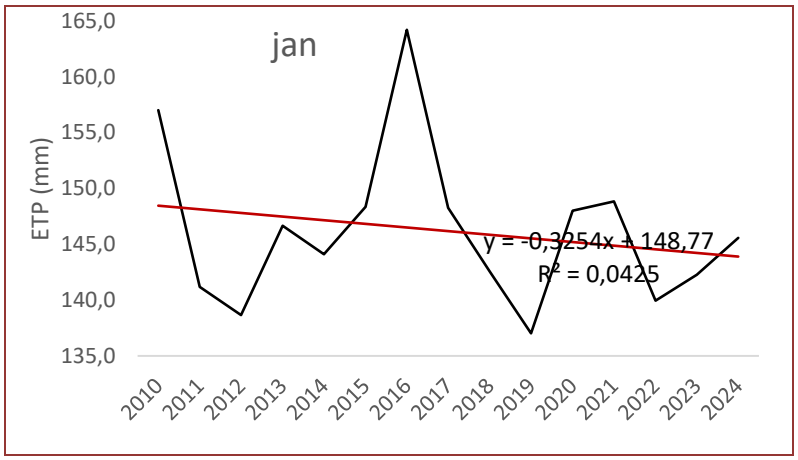
Os dados climatológicos médios mensais foram agrupados em 15 anos, caracterizando um período de normal climatológica onde empregou-se para este estudo. Calculou-se as medidas de tendência central e de dispersão. Utilizando-se as medidas de tendência central e de dispersão podemos verificar analiticamente os parâmetros, e observar se as amostras são diferentes ou semelhantes.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, registraram mudanças significativas nos elementos precipitação, evapotranspiração, evaporação, deficiências, excedentes e escoamento, fatores chave para a disponibilidade dos recursos hídricos (Llauca 2021). Estudos indicam a relação entre fatores climáticos e respostas hidrológicas, mostrando que variações nos elementos referenciados vem ocasionando impactos diretamente na oferta hídrica.

A má flutuação da ETP e suas irregularidades inter meses fluindo de 136,2 mm (2019) a 165,0 mm (2019) (Figura 2), ocasionadas pelas flutuações adversas dos sistemas de meso e microescala, efeitos local e regional, com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0425, insignificante para afirmar se tendem a registarem aumento ou redução nos índices evapotranspirativos. Resultados similares formam detectados no estudo de (Llauca 2021).

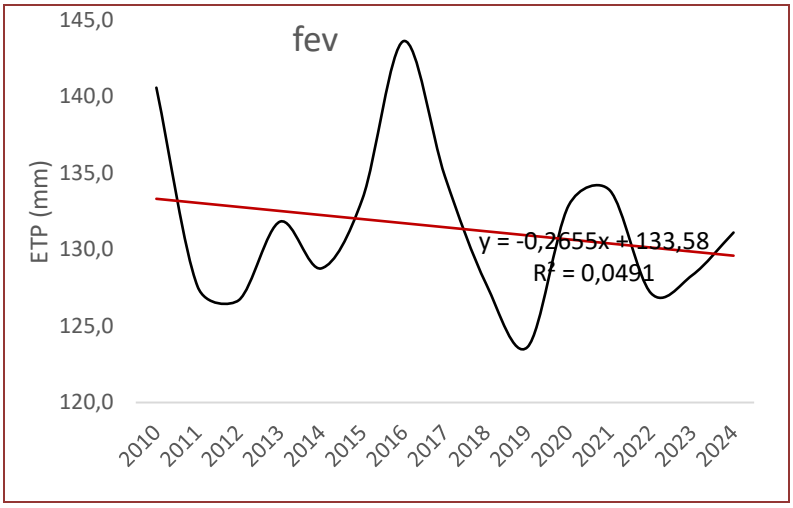
**Figura 2:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de janeiro no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações das tendências da evapotranspiração fornecem informações sobre processos hidrológicos a longo prazo, indicando, a disponibilidade de água nos ecossistemas e meio ambiente. Percebe-se que na Figura 3 a má distribuição e suas irregularidades, ocasionadas pelos sistemas atmosféricos atuante na região e seus efeitos locais. Coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0425, insignificante para afirmar se tendem a registarem aumento ou redução nos índices evapotranspirativos. Resultados similares formam detectados no estudo de (Cunha Filho et al., 2024).

**Figura 3:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de fevereiro no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

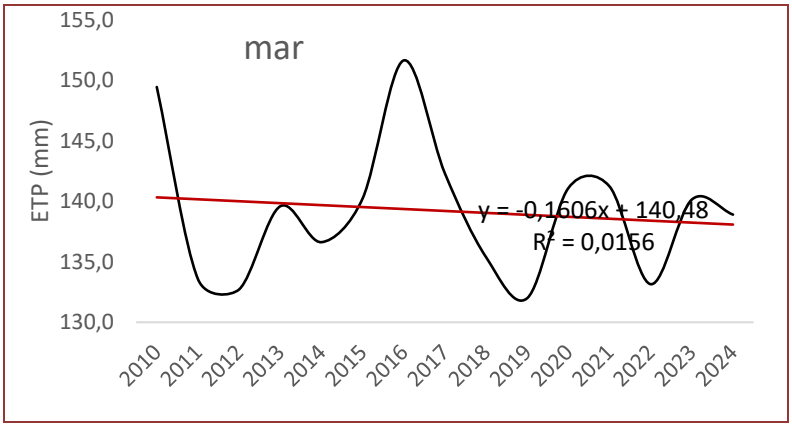



Fonte: Medeiros (2026).

Para os autores (Camargo et al., 1999; Barros et al., 2012; Costa et al., 2015). A evapotranspiração concebe a chuva de acordo com a teoria necessária para não faltar nem sobrar água no solo, onde se utilizada do computo do balanço hídrico para a identificação dos períodos de excesso ou escassez de água.

A distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de março (Figura 4) do período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0156, insignificante para se confirmar ou afirmar variações futuras. Os elementos climáticos fluíram de fraco a moderado, ocasionado irregularidades evapotranspirativos, similaridade pode ser revisto no estudo de Cunha Filho et al. (2024).

**Figura 4:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de março no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



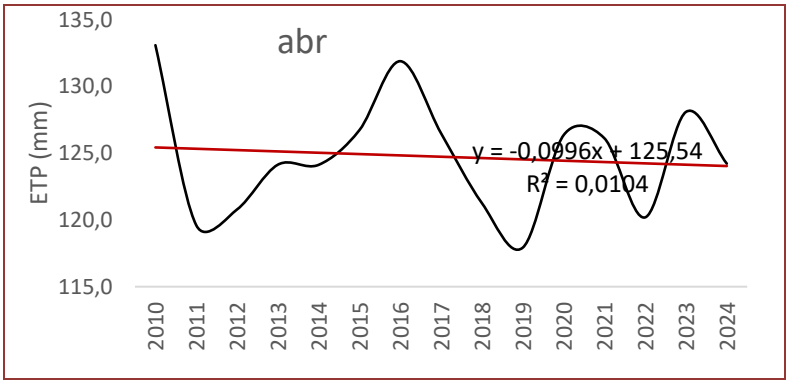

Fonte: Medeiros (2026).

Para os autores (Helmi et al., 2023; Sousa et al., 2023; Lucas et al., 2022; Borges et al., 2021) a monitoração e análise das oscilações e flutuações de elementos climáticos, são de grande relevância, para o represamento, abastecimento de água, recursos hídricos, agropecuária, meio ambiente e ecológico, perante as adulterações no comportamento do

clima, onde cada vez mais trabalhos investigam o comportamento espaço-temporal destes elementos e buscam compreender suas possíveis tendências.

Com reta de tendência negativa (Figura 5) e com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0996, insignificante para se confirmar se ocorrera acréscimo ou decréscimo evapotranspirativos, na região estudada, ocasionadas pelos movimentos transientes atmosféricos.

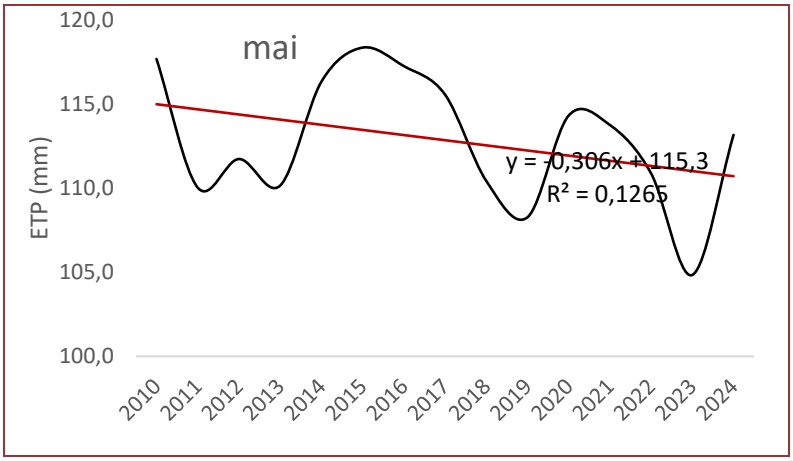
**Figura 5:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de abril no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Tem a reta de tendência negativa com coeficiente de determinação da regressão (R2) de 0,1265, insignificante para se confirmar se ocorrera acréscimo ou decréscimo evapotranspirativos, tais oscilações foram decorrentes dos movimentos atmosféricos de meso escala, auxiliado pelos movimentos regionais e locais.

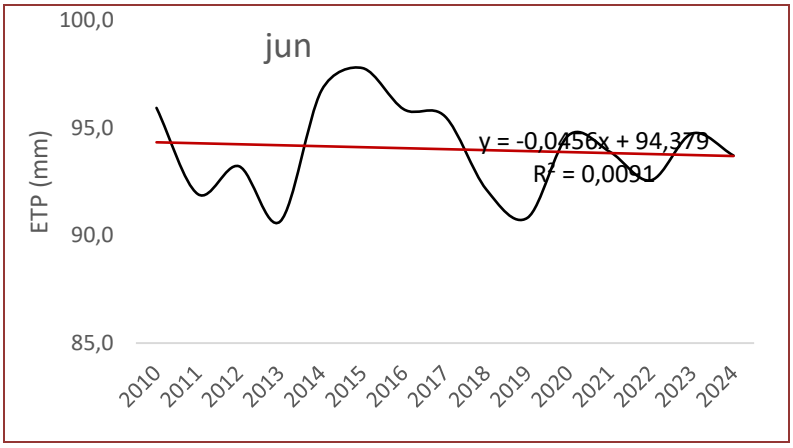
**Figura 6:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de maio no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Para o mês de junho registra um coeficiente de determinação da regressão (R2) de 0,0091, insignificante para se confirmar se ocorrera acréscimo ou decréscimo evapotranspirativos, com reta de tendência negativa e com valor evapotranspirativos interanual má distribuídos e irregulares, o estudo de Cunha Filho et al, (2024)corroboram com as discussões.

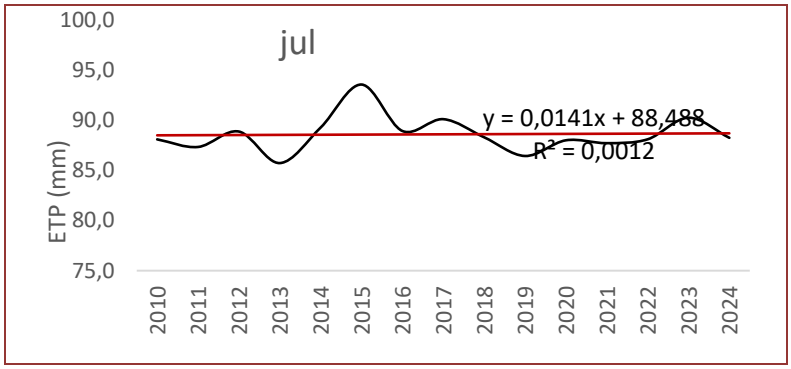
**Figura 7:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de junho no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

O mês de julho (Figura 8), registrou variações mensais da ETP, irregulares e má distribuídas, oscilando de 85,0 mm a 95,0 mm. Os resultados revelam uma tendência geral de valores baixos e variabilidade limitada para a evapotranspiração, decorrentes dos sistemas de meso e microescala e dos efeitos regionais e locais. As maiores oscilações evapotranspirativos ocorreram entre 2013 a 2016. O estudo de (Cunha Filho et al., 2024), apresentam similares nas suas discussões.

**Figura 8:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de julho no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

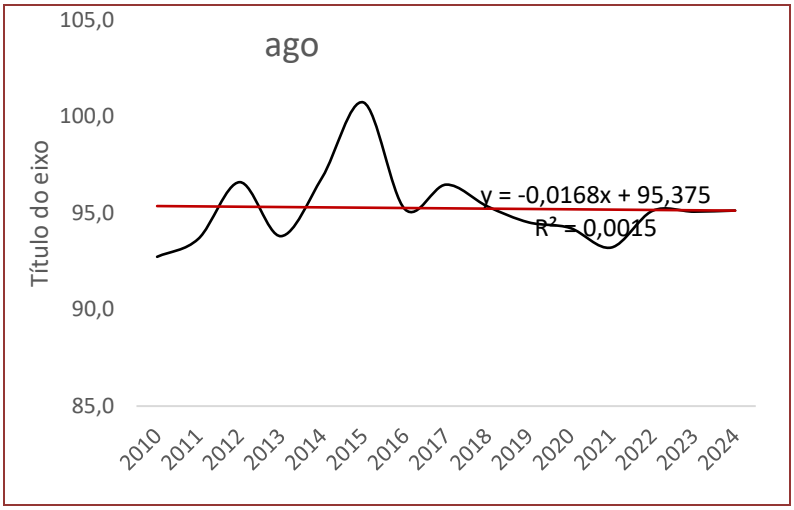



Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos do mês de agosto, compreendido no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, (Figura 9) com reta de tendência negativa e com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0049, insignificante, para se tirar conclusões de acréscimo ou decréscimo de ETP,

futuramente. Similaridades podem serem vistas nos estudos de Meis et al. (1981) e Xavier et al., (2005),

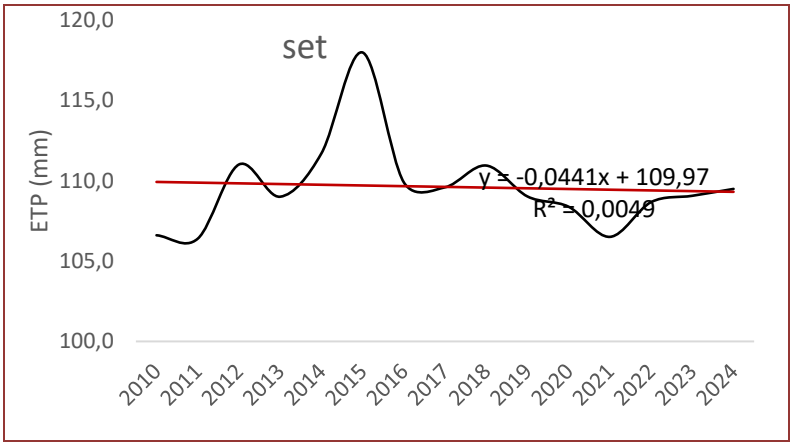
**Figura 9:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de agosto no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Na figura 10, tem-se um coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0049, de baixa significância, com reta de tendência negativa, destaca-se irregularidades na distribuição da ETP no mês de setembro, ocasionado pela alta incidência da radiação, baixa velocidade do vento, pequena cobertura de nuvens e as contribuições regional e local que ocasionaram mudanças locais. Tais variações vem a corroborar com os resultados do estudo de Medeiros (2020).

**Figura 10:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de setembro no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

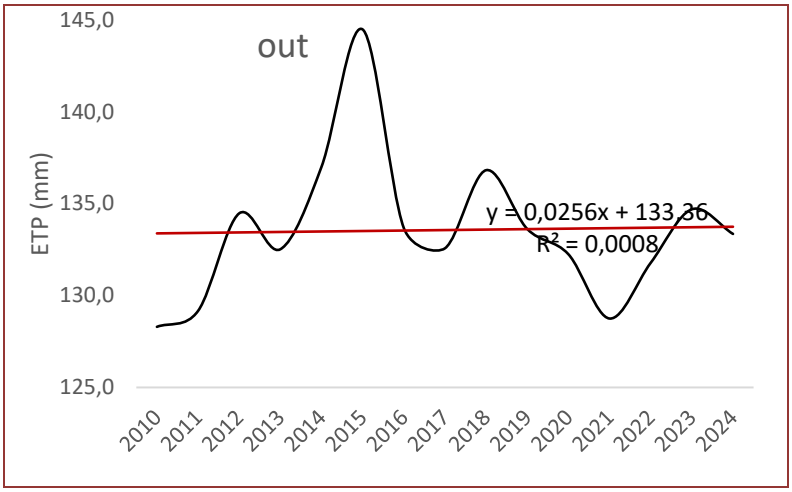



Fonte: Medeiros (2026).

A ETP (Figura 11) registrou os valores de 137,0 mm (2015) e 128,3 mm (2010), com climatologia de 133,6 mm. As irregularidades decorrem das variabilidades dos sistemas regional, local e das atuações dos sistemas de meso e microescala. A reta de tendencia é positiva e registra um coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de

0,0008, demonstrando insegurança quando ao acréscimo ou redução do índice evapotranspirativos. Estas variabilidades corroboram com o estudo de Medeiros (2020).

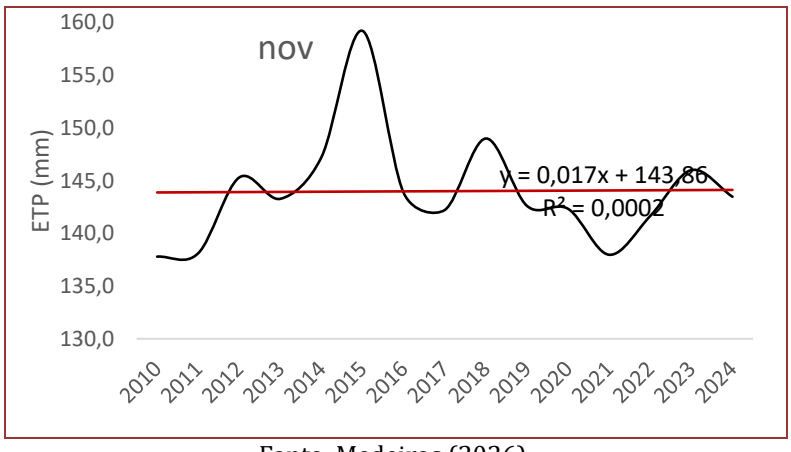
**Figura 11:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de outubro no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Com alto poder evapotranspirativos, com distribuição irregulares e má distribuídas inter anos, Com ETP climatológica de 144,0 mm e seus valores máximos e mínimos ocorridos nos anos de 2015 e 2010 com159,2 mm e 137,8 respectivamente. O mês de novembro (Figura 12), registrou tendência positiva com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0002, este coeficiente não nos dá margem de opinar sobre suas variabilidades futuras.

**Figura 12:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de novembro no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

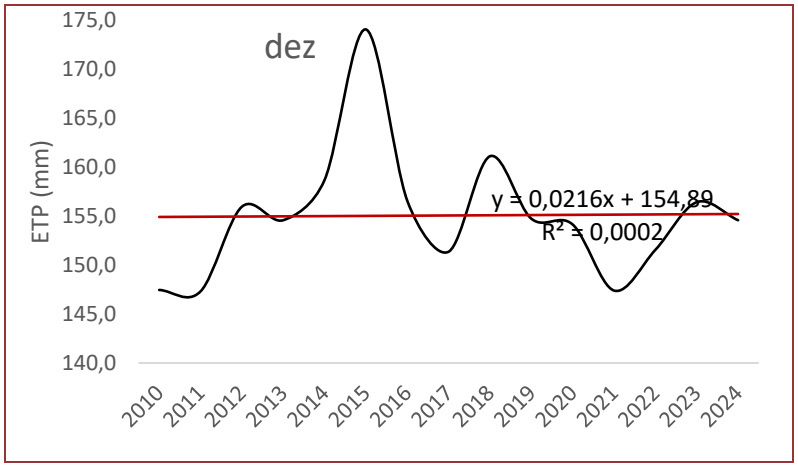



Fonte: Medeiros (2026).

Com ocorrência de tendência positiva e com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0002, este coeficiente não nos dá margem de opinar sobre suas variabilidades futuras. As irregularidades evapotranspirativos foram ocasionadas pela baixa cobertura de nuvens, alta incidência de radiação solar a superfície, velocidade do vento acima dos padrões normais, devido ao intenso calor a cobertura rasteira e de

pequeno porte foram reduzidas, deixando o solo desprotegido e auxiliando os índices evapotranspirativos, maiores aquecimentos nos lençóis de água. Na Figura 13 registra-se máximas ETP no ano de 2015 com 174,1 mm e mínima em 2011 com 147,3 mm, com total mensal climático de 155,1 mm. Similaridade pode ser revista no estudo de Medeiros (2020).

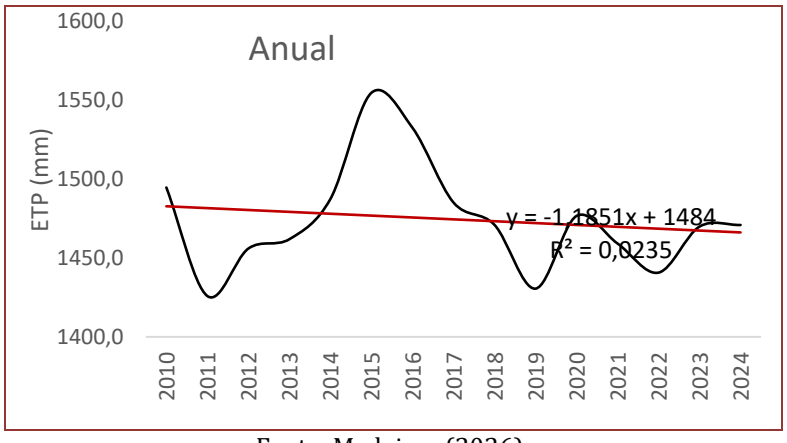
**Figura 13:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos de dezembro no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 14, tem-se a distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos anual no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. Com ocorrência de tendência negativa e com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,0235, apesar do nível de significância ser baixo, existência tendencias futuras para redução dos índices evaporativos, que deveram ocorrer pela ausência da vegetação nativa e do desmatamento. Similaridade podem serem revista por Medeiros (2020).

**Figura 14:** Distribuição temporal da regressão linear evapotranspirativos anual no período de 2010 a 2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## TENDÊNCIA FUTURA ANUAL E MENSAL

Na Tabela 1 destaca-se os melhores coeficientes de determinação da regressão da área de estudo, registradas nos meses de janeiro a maio e anual, os piores coeficientes ocorrem de junho a dezembro. Significando que quando o valor é maior ($R^2$), indica o grau de aproximação do modelo às médias, já quando o valor é menor ($R^2$) indica o grau de distanciamento do modelo às médias.

**Tabela 1:** Equação linear, coeficiente de determinação da regressão (R2), média histórica mensal da evapotranspiração do período de 2010 a 2024 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

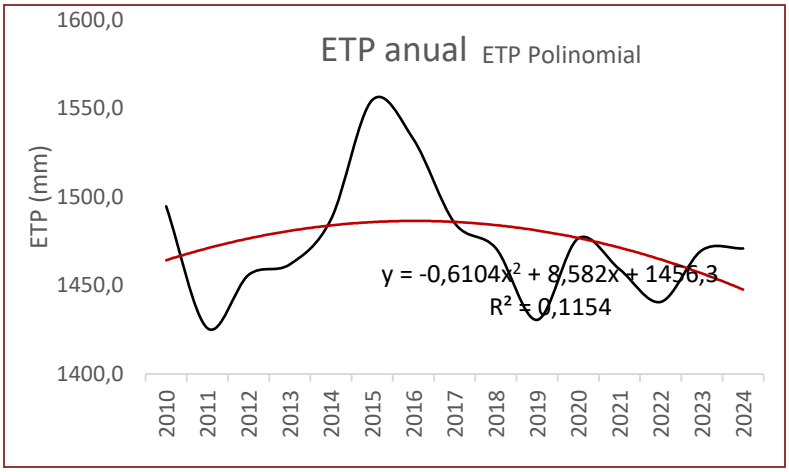
| Meses | Equações lineares | $R^2$ | Média histórica |
|---|---|---|---|
| Janeiro | y = -0,3254x + 148,77 | 0,0421 | 146,2 |
| Fevereiro | y = -0,2655x + 133,58 | 0,0491 | 131,5 |
| Março | y = -0,1606x + 140,48 | 0,0156 | 139,2 |
| Abril | y = -0,0996x + 125,54 | 0,0104 | 124,7 |
| Maio | y = -0,3060x + 115,30 | 0,1265 | 112,9 |
| Junho | y = -0,0456x + 94,37 | 0,0091 | 94,0 |
| Julho | y = 0,0141x + 88,48 | 0,0012 | 88,6 |
| Agosto | y = -0,0168x + 95,37 | 0,0015 | 95,2 |
| Setembro | y = -0,0441x + 109,97 | 0,0049 | 109,6 |
| Outubro | y = 0,0256x + 133,36 | 0,0008 | 133,6 |
| Novembro | y = 0,0170x + 143,86 | 0,0002 | 144,0 |
| Dezembro | y = 0,0216x + 154,89 | 0,0002 | 155,1 |
| Anual | y=-1,1851x + 1484,00 | 0,0235 | 1474,5 |

Fonte: Medeiros (2026).

A tendência baseada nas oscilações evapotranspirativos e evaporativas, revela informações cruciais sobre a dinâmica hidrológica de uma região ou local. O aumento notável da pluviometria nas áreas de grande altitude [9], que destacam os efeitos orográficos, onde a elevação de ar úmido e a evaporação da água do mar são fatores que incrementam as precipitações [10]. No entanto, é fundamental considerar que esse aumento não se traduz sempre em maior disponibilidade de água no solo. A evapotranspiração, influenciada por diversos fatores, pode limitar a retenção de água, gerando condições secas, apesar do aumento da precipitação [11].

Na Figura 15, entre os meses de outubro a março evapotranspirou 57,61% do valor anual, entre abril e setembro o índice evapotranspirativos em relação a taxa anual foi 42,38%. A reta de tendência é negativa, com coeficiente de determinação da regressão ($R^2$) de 0,1154. Os dados de ETP tem melhores distribuições na tendencia polinomial.

**Figura 15:** Histograma evapotranspirativos histórico e tendência polinomial para o período de 2010 a 2024 no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na Tabela 2 verifica-se que os valores da média e da mediana foram conexos, mostrando que no mês de novembro registrou-se a presença de valores extremos discordantes na amostra. O maior índice evapotranspirativos máxima registrou-se em dezembro com 155,1 mm, já a mínima ocorreu em julho com 88,6 mm. As variabilidades mensais na média indicam que esta medida de tendência central pode não ser o valor mais provável de ocorrer nesse tipo de distribuição. a mediana tem maior probabilidade de ocorrência do que a média, conforme resultados encontrados por Almeida e Pereira (2007).

Na coluna do desvio padrão observam-se os menores desvios nos meses de junho a setembro, fluindo de 1,8 a 2,8 e de dezembro a março os desvios oscilam de 5,4 a 7,1 mm.

**Tabela 2:** Medidas de tendência central e de dispersão através da análise estatística dos dados históricos de 2010 a 2024 no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

| Meses | Média (mm) | Desvio Padrão (mm) | Mediana (mm) | Variação (%) | Mínima (mm) | Máxima (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 146,2 | 7,1 | 145,6 | 49,9 | 137,0 | 164,2 |
| Fevereiro | 131,5 | 5,4 | 131,1 | 28,7 | 123,6 | 143,6 |
| Março | 139,2 | 5,7 | 139,6 | 33,0 | 132,0 | 151,6 |
| Abril | 124,7 | 4,4 | 124,2 | 19,0 | 117,9 | 133,1 |
| Maio | 112,9 | 3,8 | 113,2 | 14,8 | 104,8 | 118,4 |
| Junho | 94,0 | 2,1 | 93,9 | 4,6 | 90,7 | 97,8 |
| Julho | 88,6 | 1,8 | 88,3 | 3,3 | 85,7 | 93,6 |
| Agosto | 95,2 | 1,9 | 95,1 | 3,8 | 92,7 | 100,7 |
| Setembro | 109,6 | 2,8 | 109,1 | 7,9 | 106,4 | 118,0 |
| Outubro | 133,6 | 4,0 | 133,4 | 15,8 | 128,3 | 144,5 |
| Novembro | 144,0 | 5,3 | 143,3 | 28,3 | 137,8 | 159,2 |
| Dezembro | 155,1 | 6,7 | 154,6 | 44,3 | 147,3 | 174,1 |
| Anual | 1474,5 | 34,6 | 1470,9 | 1194,5 | 1425,9 | 1554,8 |

Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

As tendências de redução ou aumento evapotranspirativos tem coeficiente de determinação da regressão os quais nada se pode afirmar.

Os resultados da evapotranspiração apresentam similaridades com diversos estudos realizados para a região semiárida do Nordeste brasileiro.

Esta tendência, é um reflexo da variação espacial da temperatura média do ar mensal na área de estudo. As tendências positivas observadas podem estar associadas a eventos climáticos como os de meso e microescala, regional e local e outros fenômenos cíclicos atuantes na atmosfera Global.

Essas tendências refletem não apenas mudanças ambientais locais, mas também têm importantes implicações para os ecossistemas e gestão sustentável da água.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2025.

**[2]** BORGES, A.; FUJITA, R.H.; BINDA, A.L. (2021). As chuvas do baixo rio Iguaçu (Sudoeste do Paraná) no período de 1976 a 2016. GEOSUL – Revista do Departamento de Geociências, v. 36, n. 78, 64-85. https://doi.org/10.5007/2177 5230.2021.e71496.

**[3]** Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. (2022) Condições Atuais do ENOS: La Niña. http://enos.cptec.inpe.br.

**[4]** BRADFORD, J.B.; SCHLAEPFER, D.R.; LAUENROTH, W.K.; PALMQUIST, K.A. Robust ecological drought projections for drylands in the 21st century. Glob Change Biol. 2020;26(7):3906–19.

**[5]** BARROS, A.H.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, A.B.; SANTIAGO, G.A.C.F. (2012). Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.211. Embrapa Solos, 32p.

**[6]** CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. (1999). Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 7(2), 251-257.

**[7]** CERÓN, W.L.; ANDREOLI, R.V.; KAYANO. M.T.; CANCHALA, T.; OCAMPO-MARULANDA, C.; AVILA-DIAZ, A.; et al. Trend Pattern of Heavy and Intense Rainfall Events in Colombia from 1981–2018: A Trend-EOF Approach. Atmosphere. fevereiro de 2022;13(2):156.

**[8]** COSTA, M.N.M.; MEDEIROS, R.M.; GOMES FILHO, M.F. (2015). Variabilidade da evaporação no tanque classe "A" entre o período de 1976 a 2011 e suas comparações com as três décadas e meia e com o ano de 2011 no município de Teresina, Piauí. 7° Workshop de Mudanças Climáticas do Estado de Pernambuco e 4°Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade. Recife-PE, CD RON. 107-123.

**[9]** HAYLOCK, M.; PETERSON, T.; ALVES, L.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, M.; BAEZ, J.; BARROS, V.; BERLATO, M.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V.; GRIMM, A.; KAROLY, D.; MARENGO J.A.; MARINO, M.; MONCUNILL, D.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. Journal of Climate, v.19, n.8, p.1490-1512, 2006.

**[10]** HELMI, A.M.; ELGAMAL, M.; FAROUK, M.I.; ABDELHAMED, M.S.; ESSAWY, B.T. (2023). Evaluation of Geospatial Interpolation Techniques for Enhancing Spatiotemporal Rainfall Distribution and Filling Data Gaps in Asir Region, Saudi Arabia. Sustainability, v. 15, n. 8, 14028. https://doi.org/10.3390/su151814028.

**[11]** FRANCISCO, P.R.M.; MEDEIROS, R.M.; MATOS, R.M.; SANTOS, D.; SABOYA, L.M.F.

**[12]** Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 13 – Vol. 20 – JAN/JUL 2017. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica).

**[13]** FU, G.; CHARLES, S.P.; YU, J. A critical overview of pan evaporation trends over the last 50 years. Clim. Change, n.97, p.193-214, 2009.

**[14]** Llauca, H.; Lavado-Casimiro, W.; Montesinos, C.; Santini. W.; Rau, P.; PISCO_HyM_GR2M: A Model of Monthly Water Balance in Peru (1981–2020). Water. janeiro de 2021;13(8):1048.

**[15]** LECLERC, E.L. Coast and highland paleoclimate of the northcentral Peruvian Andes and its influence on coastal water availability and cultural development, 6000 to 2000 cal BP. Quat

**[16]** Sci Rev. 15 de agosto de 2023;314:108209.

**[17]** LUCAS, M.P.; LONGMAN, R.J.; GIAMBELLUCA, T.W.; FRAZIER, A.G.; MCLENA, J.; CLEVELAND, S.B.; HUANG, Y.F.; LEE, J. (2022). Optimizing automated kriging to improve spatial interpolation of Monthly rainfall over complex terrain. Journal of Hydrometeorology, v. 23, 561-572. https://doi.org/10.1175/JHM-D-21 0171.1.

**[18]** MEDEIROS, R.M. Estudo Agrometeorológico do Estado da Paraíba. P130. 2020. Distribuição avulsa.

**[19]** CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M.V.; HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil. Editora Universitária –EDUFRPE. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3. ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

**[20]** MONTEITH, J.L. Evaporation and surface temperature. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, n.107, 451, p.1–27, 1981.

**[21]** MORTON, F.I. Operational estimates of areal evapo-transpiration and their significance to the science and practice of hydrology. Journal of Hydrology, n.66, v.1–4, p.1–76, 1983.

**[22]** NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. Hidrologia Estatística. CPRM, 552p. 2007.

**[23]** REBOUÇAS, A. C. Águas doces no mundo e no Brasil. In: Águas doces do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. Org. REBOUÇAS, Aldo da C. BRAGA, Benedito. TUNDISI, José Galizia. 3° ed. Editora Escrituras. São Paulo. 2006. p. 01-35.

**[24]** PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London, n.193, p.120–145, 1948.

**[25]** PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Review, n.100, v.2, p.81–92, 1972.

**[26]** RODERICK, M.L.; HOBBINS, M.T.; FARQUHAR, G.D. Pan evaporation trends and the terrestrial water balance. I. Principles and observations. Geogr. Compass, n.3, v.2, p.746-760, 2009.

**[27]** SANTOS, C.A.C.; BRITO, J.I.B. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.3, p.303-312, 2007.

**[28]** SORIANO, B.M.A. Caracterização climática de Corumbá - MS. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997. 25p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 11).

**[29]** SOUSA, L.B.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, M.V.; ALMEIDA, T.A.B.; CARVALHO, A.A.; SILVA, T.G.F.; LIMA, J.L.M.P. (2023). Spattiotemporal analysis of rainfall and droughts in a semiarid basin of Brazil: Land use and land cover dynamics. Remote Sensing, 15, 2550. https://doi.org/10.3390/rs15102550.

**[30]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

**[31]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

**[32]** XAVIER, R.A.; DORNELLAS, P.C. Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas. Revista de Geografia, v. 14, n. 2, 2005.

# Capítulo 9

## Variabilidade anômala da evapotranspiração no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Romildo Morant de Holanda*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcant*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*

**Resumo:** A análise e investigação dos cenários de uso e ocupação do solo, seguido de sua identificação de tendências anômalas, auxiliam na compreensão de seu comportamento e permitem antecipar situações e efeitos qualitativos e quantitativos futuros. Analisar e compreender as flutuações anômalas evapotranspirativos, do período compreendido entre 2010-2024, demonstrado suas flutuações inter meses e anuais, no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. Utilizou-se planilha eletrônica para se computar as médias mensais do período 2010-2024, analisar suas flutuações, assim como, plotou-se as variabilidades anômalas dos respectivos anos, visando, obtermos suas oscilações positivas e/ou negativas. Além de efetuar o plote das variabilidades anuais e sua climatologia. O cômputo das anomalias evapotranspirativos mensais e anuais foram concretizadas por equação. Com a demanda crescente da população são de fundamental o planejamento e o gerenciamento adequados dos recursos hídricos, que visem o manejo adequado dos recursos hídricos e naturais, buscando assim um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para a população. O estudo ressalta a importância do entendimento e uso sustentável dos recursos naturais e hídricos, especialmente no que diz respeito aos impactos das atividades humanas na conservação ambiental, qualidade da água e sustentabilidade dos recursos naturais. Com base no estudo, algumas ações podem ser estabelecidas na área territorial, como a implementação de práticas de manejo sustentável do solo, zoneamento e planejamento territorial equilibrando desenvolvimento socioeconômico e conservação ambiental, monitoramento contínuo do uso do solo e vegetação nativa, engajamento da comunidade na tomada de decisões relacionadas ao uso do solo.

**Palavras-Chave:** Poder evapotranspirativos climáticos; Oscilações anômalas; Ciclo hidrológico.

## INTRODUÇÃO

O clima é o fator que determina as diferenças entre diversos processos atmosférico de uma região para outra, seja por meio do efeito direto da pluviometria, seja pelo efeito indireto do estado da cobertura vegetal (Lopes-Bermudez, 1990). Esta afirmação demonstra a importância da presença da cobertura vegetal sobre a superfície do solo, que deveria possuir um grau de cobertura do terreno de modo a controlar o impacto das gotas de água das precipitações. A eliminação da vegetação natural e a exploração da vegetação na colheita, não somente desprotege a superfície do solo da ação direta da chuva, mas também causa a diminuição de uma componente fundamental do solo que é a matéria orgânica (Parr et al., 1990).

Guimarães et al, (2021) afirmaram que a configuração dos espaços urbanos (com derrubada das arborizações, plantas nativas e asfalto) envolve o planejamento e preservação de vários ecossistemas presentes em uma cidade, abrangendo aspectos físicos, socioeconômicos, ambientais e naturais, afetando o ciclo hidrológico das águas.

A variedade de usos e aplicações dos recursos hídricos possibilita uma diversidade de atividades, tais como recreação, agropecuário, transporte, abastecimento e consumo industrial, humano, produção de energia, entre outras (Uprety et al., 2019).

Os dados pluviométricos, por exemplo, são essenciais para estudos como os de Marengo et al, (2001); Oliveira Filho et al, (2001); Moraes et al, (2005), que concluíram que o desmatamento da floresta Amazônica está influenciando diretamente no desequilíbrio do meio ambiente, principalmente no ciclo hidrológico, onde em simulações mostraram um decréscimo significativo na evapotranspiração e na precipitação.

As anomalias climáticas, meteorológicos são acontecimentos que se afasta dos valores médios, por exemplo os valores pluviais, pode ser muito superior e/ou muito baixo ao valor médio, causando uma anomalia que pode ocasionar desde enchentes até grandes períodos de estiagem (Pereira et al., 2007). Os resultados similares podem ser revistos nas discussões do IPCC (2023); IPCC (2022) e Holanda et al, (2018).

De acordo com o relatório desenvolvido do IPCC (2023), Intergovernamental Painel on Climate Change, o aquecimento global, influenciado pela humanidade e atualmente estimado em 1,1°C, tem provocado alterações e impactos significativos no clima do planeta. Prevê-se que a temperatura intensificará ainda mais a magnitude dessas mudanças.

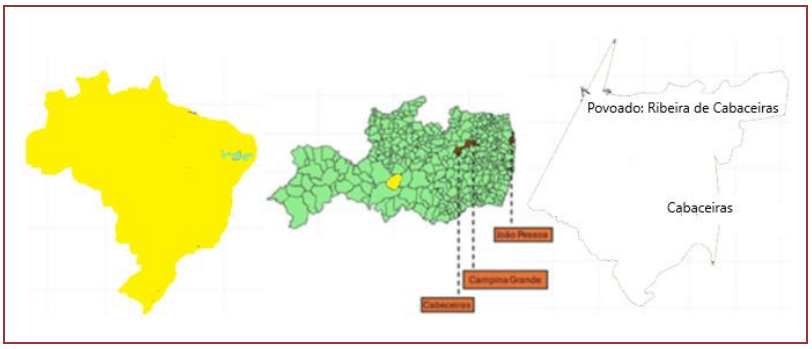
Para a assimilação de tendências e padrões sazonais tem-se que as variações das análises pode ter uma acometida eficaz para auxiliar na previsão de eventos pluviais extremos e para o planejamento de diversos setores da sociedade, em especial, para o planejamento agropecuário (Pereira et al., 2021). Oliveira et al, (2023) mostraram que esse tipo de análise é de grande valia para áreas com alta vulnerabilidade às secas, em que predomina a agricultura do tipo sequeiro e familiar, onde a escassez hídrica pode ocasionar impactos consideráveis para a socioeconomia e a segurança alimentar do local.

Objetiva-se analisar e compreender as flutuações anômalas evapotranspirativos, do período compreendido entre 2010-2024, demonstrado suas flutuações inter meses e anuais, no Povoado Ribeira de Cabaceiras - PB.

## MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e 391 metros, de altitude (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22°C) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Utilizou-se planilha eletrônica para se computar as médias mensais do período 2010-2024, analisar suas flutuações, assim como, plotou-se as variabilidades anômalas dos respectivos anos, visando, obtermos suas oscilações positivas e/ou negativas. Além de efetuar o plote das variabilidades anuais e sua climatologia.

O cômputo das anomalias evapotranspirativos mensais e anuais foram concretizadas pela equação.

ATx = (ETPm – ETPm)

ATx = Anomalia evapotranspirativos;

ETPm = Evapotranspiração mensais;

ETPc = evapotranspiração climática mensais.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

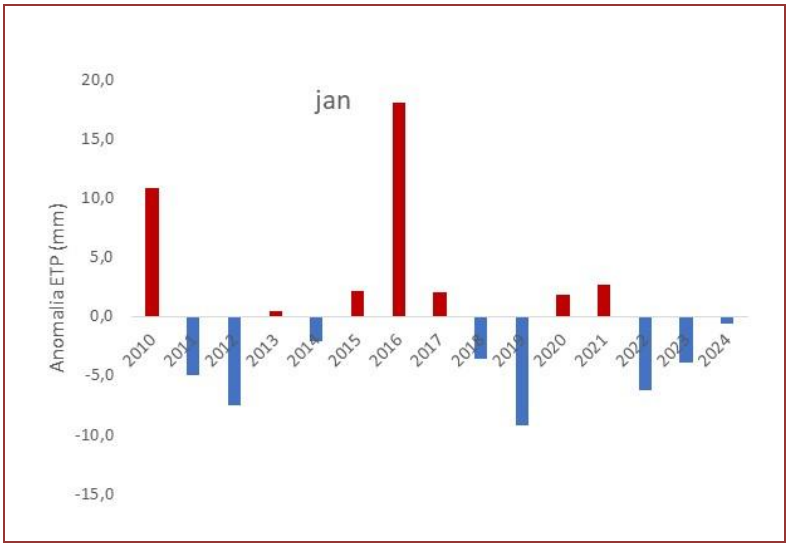
A demanda hídrica vem aumentado devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento urbano, destacando a importância do uso racional da água na agropecuária, agricultura familiar, agricultura irrigada, industrial, agronegócio e armazenamento e abastecimento para uso humano.

Segundo informe da (ANA 2018) no Brasil, a vazão total de água removida dos corpos hídricos é de 2083 $m^3/s$, onde 52,0% (1083,6 $m^3/s$) é empregada na irrigação, entretanto apenas 792,1 $m^3/s$ é consumida e 291,5 $m^3/s$ retornam aos corpos hídricos pelo escoamento superficial, percolação de água no subsolo, e da evaporação da água do solo.

A análise das flutuações positivas e negativas pluvial ao longo de séries históricas é essencial para a tomada de decisões, influenciando em diversos setores como socioeconômico, agropecuária, geração de energia, recursos hídricos, engenharias, órgãos públicos e governamentais e em ocasiões de eventos extremos de deficiências ou excesso pluvial.

A cobertura de nuvem, acréscimo da radiação solar, índices pluviais entre a normalidade, solo coberto por plantas rasteiras e de pequeno porte, seguidamente da contribuição do vento e dos sistemas de meso e microescala, ocasionaram anomalias as referidas oscilações. Na Figura 2, observa-se sete anos com anomalias positivas, fluindo de 0,6 mm (2010) a 19,4 mm (2016). Já as anomalias negativas registraram-se em oito anos fluindo de 0,2 mm (2024) a 9,1 mm (2019). Estas oscilações no estudo de França et al, (2020) tem similaridade com os observando no estudo

**Figura 2:** Anomalia evapotranspirativos do mês de janeiro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.



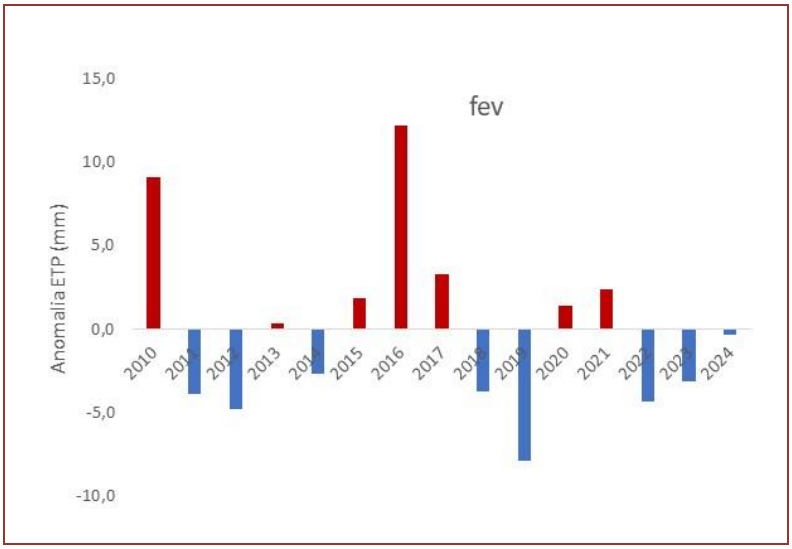

Fonte: Medeiros (2026).

O Nordeste Brasileiro é uma área problemáticas em termos (a)bióticos, pelas suas características físicas e das diversidades de ecossistemas presentes, em meio a mata atlântica, caatinga e demais fragmentos de outros ecossistemas.

A porcentagem dos índices evaporativos e evapotranspirativos em semelhança ao total de água precipitada muda consideravelmente entre os diferentes biomas existentes. Em conformidade com Bezerra (2013) os poderes evaporativos e evapotranspirativos são importantes elementos do tempo e clima, em tão alto grau nas escalas globais, regional e local, consistindo em uma interação entre energia, clima e hidrologia.

Com índice de evapotranspiração irregulares e má distribuída com ocorrência de magnitudes e amplitude moderada em curto intervalo de tempo durante o mês de fevereiro (Figura 3), registrou-se sete anos com anomalias positivas oscilando de 0,2 mm (2013) a 12,8 mm (2016), ao passo que as anomalias negativas fluíram de 0,1 mm (2024) a 7,5 (2019). As chuvas não foram necessárias e suficientes para ocasionar as infiltrações devidos as suas intensidades e a troca de calor solo-planta-atmosfera.

**Figura 3:** Anomalia evapotranspirativos do mês de fevereiro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.



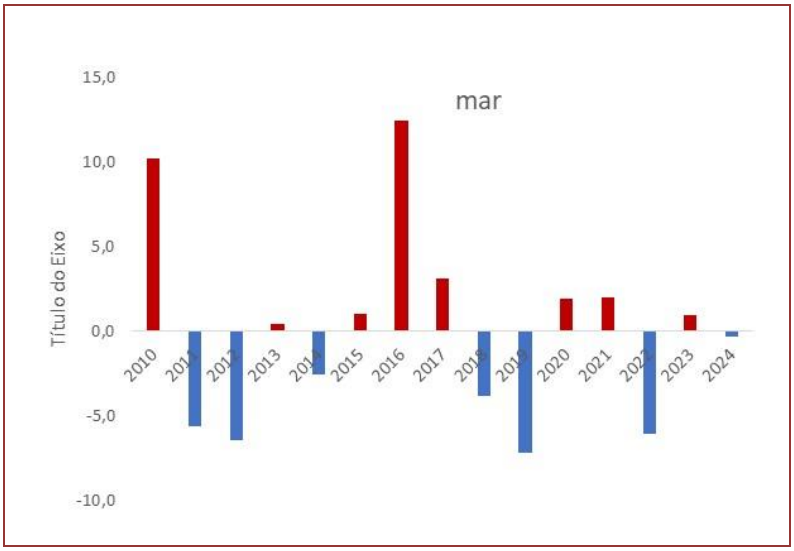

Fonte: Medeiros (2026).

A escassez hídrica vem sendo nas últimas décadas motivo de apreensão em todo o mundo e discussão nos diferentes níveis da sociedade. Os avisos a quantidade e qualidade das águas no Brasil e no mundo compreendem além do desenvolvimento populacional, urbanização e industrialização: as formas de uso do solo, a produção agropecuária, as mudanças climáticas e as fontes de poluição (Palhares, 2018).

A representação gráfica da anomalia evapotranspirativos do mês de março (Figura 4) entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba. As oscilações anômalas positivas do mês em estudo, fluem de 0,3 mm (2013) a 13,5 mm (2016), os demais anos suas anomalias oscilaram de 0,5 mm (2015) a 10,1 mm (2010), as irregularidades pluviais e sua má distribuição, decorreram das flutuações dos sistemas provocadores ou inibidores de chuva na área estudada, dos sistemas de meso e microescala e os auxílios regional e local, as oscilações têm similaridades com os resultados do estudo de Marengo et al, (2017).

Com seis anos de anomalias negativa fluindo de 0,1 mm (2024) a 6,9 mm (2019), deixando os anos com chuvas abaixo da climatologia, ocasionadas pelos bloqueios nos sistemas de chuvas, a má contribuição ou atuação dos sistemas regionais e locais, a troca de calor e em sua grande maioria a permanência dos movimentos verticais descendentes, onde o tempo permanece com céu claro e quente. As similaridades podem ser observadas em França et al, (2022).

**Figura 4:** Anomalia evapotranspirativos do mês de março entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.

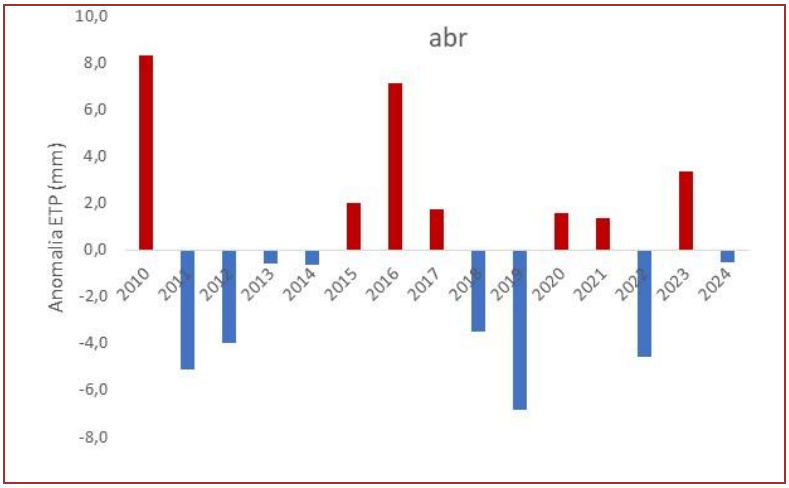



Fonte: Medeiros (2026).

Conhecer os procedimentos dos poderes evaporativos e evapotranspirativos ao longo do ano de uma determinada área e/ou região em períodos distintos permite um melhor entendimento para realização de planejamento para cada período, viabilizando de tal modo o manejo correto da irrigação, produção, socio economia e consequentemente a viabilização em outros fatores, como a aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas.

As anomalias evapotranspirativos do mês de abril (Figura 5) entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba Registaram anomalias negativas em oito anos com flutuações oscilando de 0,3 mm nos anos de 2013, 2014 e 2024 a 6,4 (2019). O ano de (2021) com anomalia positiva de 1,7 mm e o ano de 2010 com 8,3 mm, deixando o tempo ora seco e úmido, causando sensações diferenças em área diversas e nas plantações, as chuvas ocorridas forma bem abaixo dos padrões evapotranspiradas, resultados semelhantes foram detectados por França et al, (2020) e Medeiros (2020).

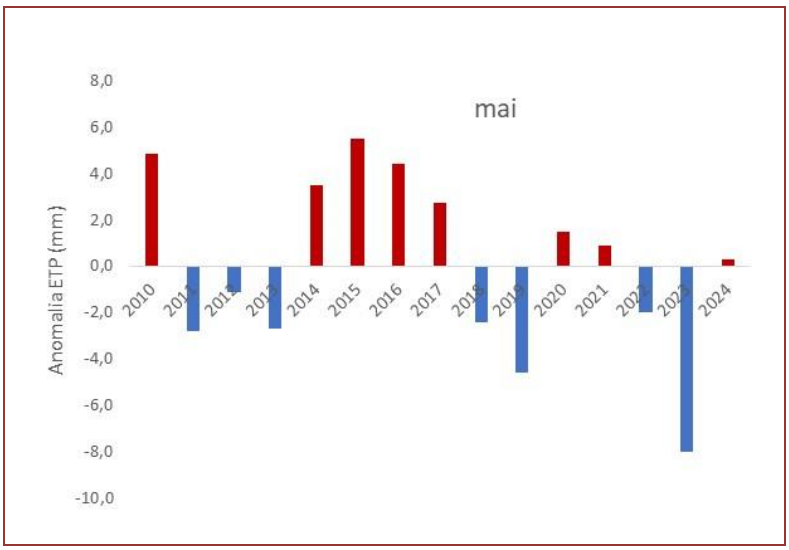
**Figura 5:** Anomalia evapotranspirativos do mês de abril entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As variabilidades anômalas do mês de maio do período 2010-2024, esta representa na figura 6. As irregularidades e má distribuição pluvial registrada nos meses de maio, contribuíram para as variações anômalas inter anos, registrando oito anos com anomalias positivas fluindo de 0,2 mm (2024) a 6,0 mm (2015). Nas anomalias negativas suas flutuações oscilaram de 1,6 mm (2012) a 8,0 mm (2023), ocorrências de chuvas moderada a forte e de intensidade variadas em curto intervalo de tempo foram verificadas. Similaridades de resultados foram detectados em Marengo et al(2001); Marengo et al, (2021) e Medeiros (2023).

**Figura 6:** Anomalia evapotranspirativos do mês de maio entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.



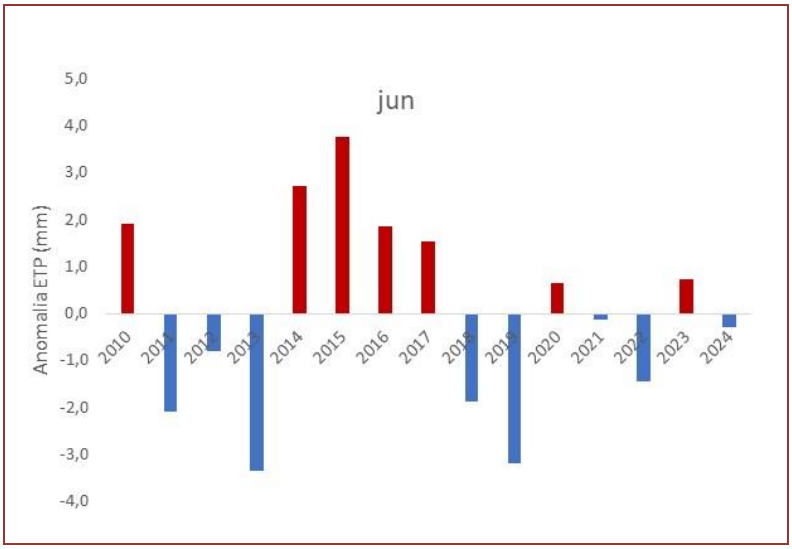

Fonte: Medeiros (2026).

As alterações nas condições climáticas e o aparecimento de anomalias na distribuição evapotranspirativos acarretam grandes riscos para os agricultores, novos métodos estão sendo desenvolvidos para antecipar alguns fenômenos climáticos e adaptar-se a novos padrões de cultivo (Prăvălie et al., 2016; Yang et al., 2023).

O mês de junho dos anos em estudo (Figura 7), registrou anomalias evapotranspirativos positivas em sete anos, com oscilações fluindo de 0,7 mm (2020) a 3,9 mm (2015), entre os anos de 2014 a 2017 as incidências pluviais foram de má distribuição e registaram anomalias fluindo de 1,9 mm a 3,9 mm, estas flutuações foram ocasionadas pela incidência da radiação solar, baixa cobertura de nuvens, seguido de baixa variabilidade da umidade.

Nas anomalias evapotranspirativos negativas registrou-se chuvas de magnitudes e intensidades variáveis dificultando a retenção da água para a evaporação (Matos et al., 2025).

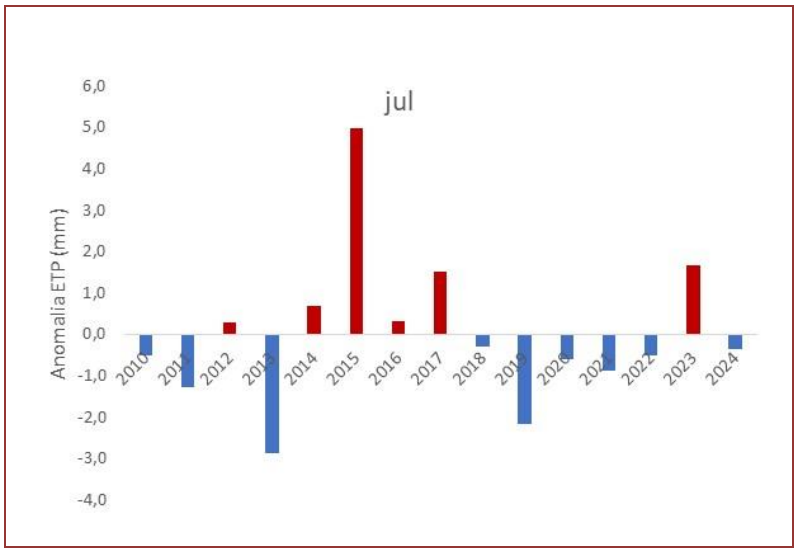
**Figura 7:** Anomalia evapotranspirativos do mês de junho entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As anomalias evapotranspirativos negativas foram ocasionadas por ocorrências de chuvas nos anos 2010; 2011;2013; 2018 a 2022 e 2024, as flutuações negativas oscilaram de 0,2 mm (2022) a 2,7 mm (2013), ao passo que nos anos de 2012; 2014 a 2017 e 2023 os índices pluviais sofreram bloqueios atmosféricos e consecutivamente registrou acréscimo nos índices evapotranspirativos, como demonstrado na figura 8 para os meses de julho. Os resultados de Matos et al, (2025) vem a corroborar com as discussões.

**Figura 8:** Anomalia evapotranspirativos do mês de julho entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.

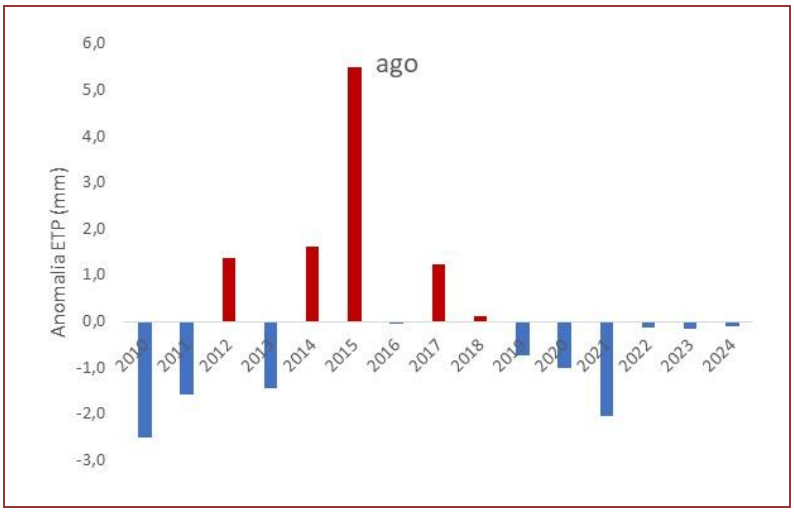



Fonte: Medeiros (2026).

As variabilidades registradas nas flutuações evapotranspirativos de acordo com a figura 9, foram ocasionadas por eventos extremos pluviais com magnitude e intensidade fraca a moderada, registrando anomalias fluindo de 0.1 mm (2018) a 5,6 mm (2015), estas flutuações têm similaridades com os resultados de Medeiros (2023). As anomalias

evapotranspirativos negativas fluindo de 0,1 mm nos anos 2022 a 2024 e 2,4 (2010), nos demonstram os irregulares ocorridas nos meses de agosto, o que corroboram com os resultados de Matos et al, (2025).

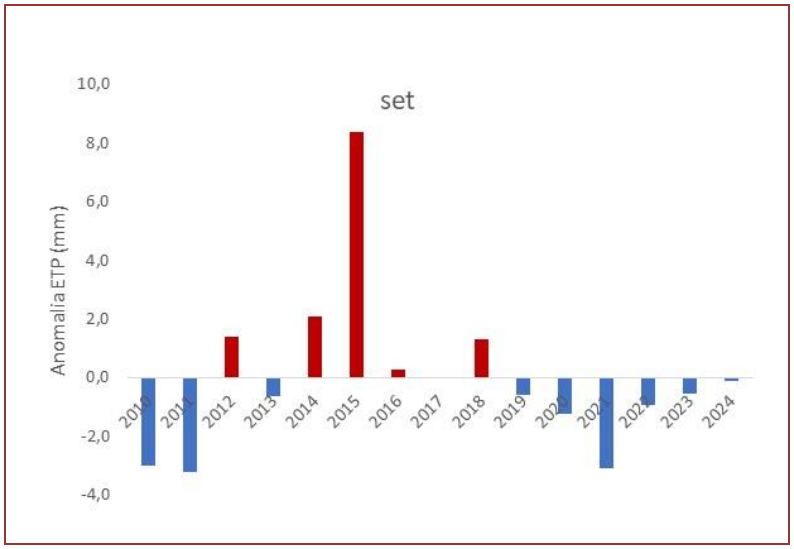
**Figura 9:** Anomalia evapotranspirativos do mês de agosto entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A figura 10 representa as oscilações das anomalias evapotranspirativos do mês de setembro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba. Com cinco anos de anomalias positivas fluindo de 0,1 mm (2016) a 8,2 mm (2015). Nas anomalias negativas observam-se flutuações de 0,1 mm (2024) a 3,2 mm (2011), as irregularidades nos sistemas transientes atmosféricos contribuíram par estas flutuações ora positivas e ora negativas de magnitudes diferenciadas, o que corroboram com as oscilações da região semiárida, conforme afirma Marengo et al., (2021).

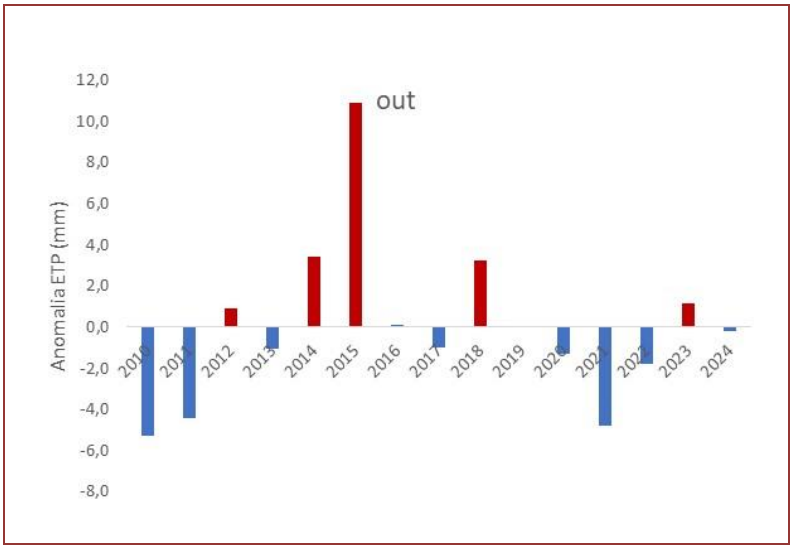
**Figura 10:** Anomalia evapotranspirativos do mês de setembro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As anomalias positivas registraram-se em seis anos com oscilações fluindo de 0,2 mm (2016) a 11,7 mm (2015) (Figura 11), já as anomalias negativas registraram-se em oito anos fluindo de 0,1 mm (2024) a5,2 mm (2010). As irregularidades, a má distribuição, a troca de calor, as não contribuições dos efeitos regionais e local inter anos foram os causadores de tais flutuações. Similaridades foram detectadas no estudo de Medeiros (2022).

**Figura 11:** Anomalia evapotranspirativos do mês de outubro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.

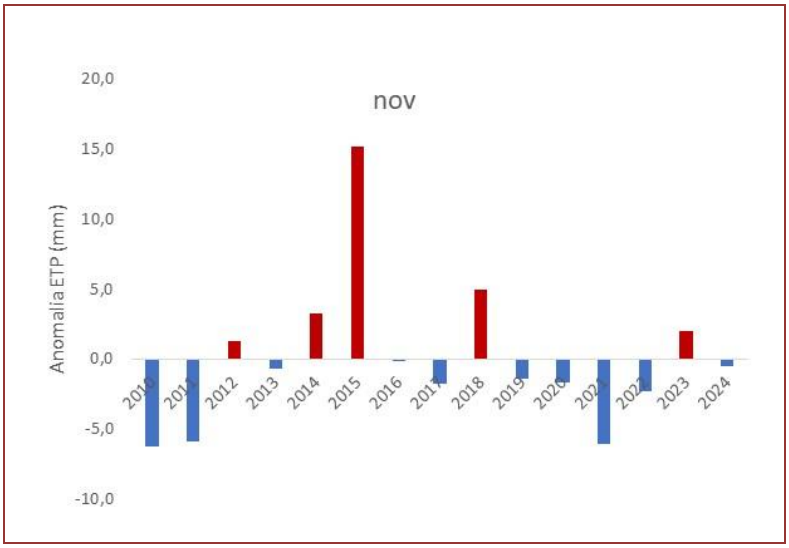



Fonte: Medeiros (2026).

O mês de novembro (Figura2) considerado um mês de pouca ou nenhuma incidência pluvial, registrou flutuações negativas oscilando de 0,1 mm (2016) e 5,3 mm (2010), as anomalias predominam em dez, com irregularidades e má distribuídas ocasionadas pelos movimentos verticais descendentes, sistemas de bloqueios atmosféricos, baixa cobertura de nuvens e alta taxa de insolação, variabilidades térmicas em elevações, a não contribuições dos efeitos regionais e local e dos sistemas de meso e micro escala ausentes.

As chuvas que deixaram os cinco anos com anomalias positivas foram ocasionadas por chuvas extremas, de magnitude e intensidade moderada, provocada por formações de linha de instabilidade, aglomerados convectivos, troca de calor e o transporte de vapor e umidade ocasionado oscilações fluindo entre 1,8 mm (2012) a 15,0 mm (2015). Valores similares foram detectados nos estudos de França et al (2021); IPCC (2022) e IPCC (2021).

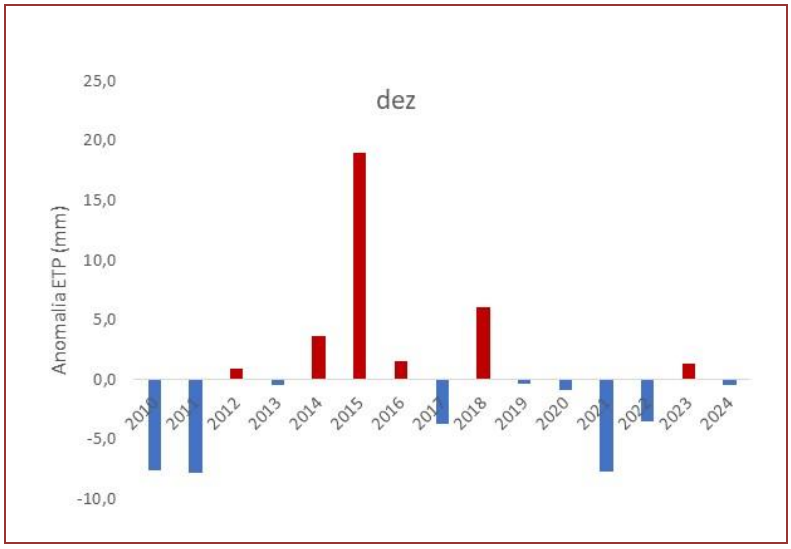
**Figura 12:** Anomalia evapotranspirativos do mês de novembro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Os índices pluviais ora em excedentes e ora em deficiências, ocasionaram mudanças significativas nas anomalias inter anos do mês de dezembro (Figura 13). Com chuvas entre a normal e de baixo índice anômalos negativos registrou-se os anos de 2013; 2019; 2020 e 2024, nos anos de 2010; 2011; 2017, 2021 e 2022 as flutuações negativas fluiriam de 3,8 mm a 6,9 mm, ocasionadas pelas variabilidades atmosféricos sem contribuições dos efeitos meso e microescala; contribuições locais e regionais.

**Figura 13:** Anomalia evapotranspirativos do mês de dezembro entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.



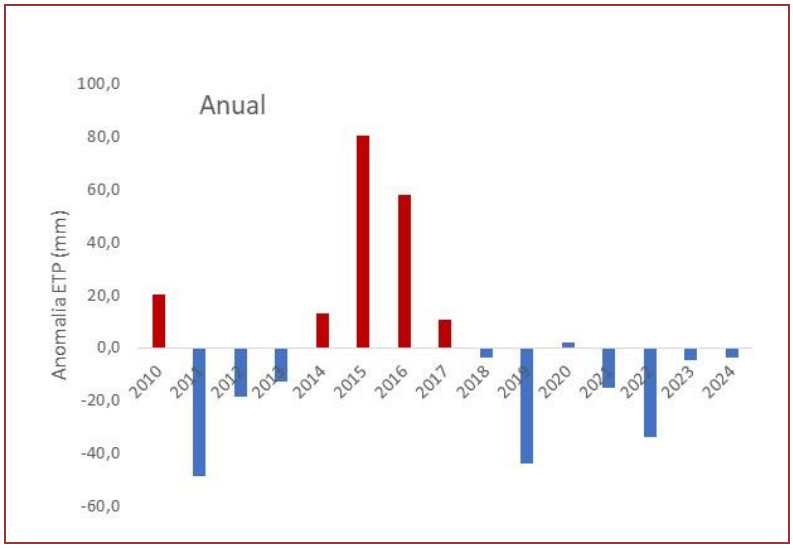

Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações anômalas anuais, podem serem observadas na figura 14, onde destaca a predominância de anomalias negativas com oscilações fluindo de 0,3 mm (2018 e 2024), tal predominância foram ocasionadas pelos bloqueios atmosféricos, má

contribuição dos efeitos regional e local, seguidamente das variações dos sistemas de meso e microescala que não contribuíram para os aumentos de umidade, nuvens e chuvas.

Nas anomalias positivas registrou-se chuvas moderadas a intensas, de alta magnitude, intensidade e curto intervalo de tempo, provocadas pela troca de calor, subida do ar, formações de linhas de instabilidade e aglomerados convectivos (Marengo et al,. 2008; Marengo et al., 2017; IPCC 2019; IPCC 2022).

**Figura 14:** Anomalia evapotranspirativos anual entre 2010-2024, no Povoado Ribeiro de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÕES

Com a demanda crescente da população são de fundamental o planejamento e o gerenciamento adequados dos recursos hídricos, que visem o manejo adequado dos recursos hídricos e naturais, buscando assim um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para a população.

O estudo ressalta a importância do entendimento e uso sustentável dos recursos naturais e hídricos, especialmente no que diz respeito aos impactos das atividades humanas na conservação ambiental, qualidade da água e sustentabilidade dos recursos naturais.

Com base no estudo, algumas ações podem ser estabelecidas na área territorial, como a implementação de práticas de manejo sustentável do solo, zoneamento e planejamento territorial equilibrando desenvolvimento socioeconômico e conservação ambiental, monitoramento contínuo do uso do solo e da vegetação nativa e engajamento da comunidade na tomada de decisões relacionadas ao uso do solo, garantindo consideração de suas preocupações e necessidades.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa. Base de dados, 2025. Disponível em <http://geo.aesa.pb.gov.br>.

**[2]** Agência Nacional de Águas (Brasil). (2017). Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada (86p.). Brasília: ANA. Disponível em http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacaoUsodaAguanaAgricultur aIrrigada.pdf.

**[3]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. v.22, p.711–728, 2014.

**[4]** BEZERRA, H.N. (2013). Estimativa da evapotranspiração espacial em uma região semiárida utilizando sensoriamento remoto (dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). (2010). Censo demográfico. Brasília: IBGE. Disponível em http://www.cidades.ibge.gov.br/.

**[5]** GUIMARÃES, C.M.; PASQUALETTO, A.; MAGALHÃES, A.T. Planejamento urbano-ambiental: percepção da população sobre o parque zoológico de Goiânia. Research, Society and Development, v.10, n.12, p.413101219991,2021.DOI:https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.19991

**[6]** IPCC. (2023). - Intergovernamental Panel on Climate Change. In Reports. Disponíveis em <https://www.ipcc.ch/reports>.

**[7]** IPCC- Intergovernamental Panel on Climate Change, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C.; Roberts, M.; Tignor, E.S.; Poloczanska, K.; Mintenbeck, A.; Alegría, M.; Craig, S.; Langsdorf, S.; Löschke, V.; Möller, A.; Okem, B.; Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA,3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

**[8]** IPCC. 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P.; Zhai, A.; Pirani, S.L.; Connors, C.; Pean, S.; Berger, N.; Caud; et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

**[9]** KÖPPEN, Wladimir Peter. Grundriss der klimakunde. W. de Gruyter, 1931.

**[10]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. Wall-map 150cmx200cm, p. 91-102, 1928.

**[11]** LOPEZ-BERMUDEZ, F. GÉNESIS y consecuencia de los procesos erosivos de condiciones ambientales mediterráneas. Seminário "Erosión del suelo em condiciones ambientales mediterráneas". Universidad Internacional Menéndez Pelayo, alencia. 108 pp. 1990.

**[12]** MARENGO, J.A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.E.; FILIZOLA JUNIOR, N.P.; WAINER, I. C. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. Journal of Climate. v.14, p. 833-852, 2001.

**[13]** MEDEIROS, R.M. Estudo Agrometeorológico do Estado da Paraíba. P.130.2020.

**[14]** MORAES, B.C.; COSTA, J.M.N.; COSTA, A.C.L.; COSTA, M.H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. Acta Amazônica, v. 35, p. 207-214, 2005.

**[15]** OLIVEIRA FILHO, J.C.; PINTO, E.S.; SABOYA, L.M.F.; PERON, A.; CAETANO, G. Caracterização do regime pluviométrico da região do projeto rio formoso na bacia do Araguaia - To, Brasil. Acta Amazonica, v. 31, p. 221-226, 2001.

**[16]** OLIVEIRA, J.R.; SANTOS, P.F. (2023). Impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar. Revista de Agroecologia, 8 (2), 85–98. https://doi.org/10.1016/j.ragro.2023.02.004

**[17]** PALHARES, J.C.P. (2018). Pegada hídrica na produção de carne e leite bovino no Brasil. In Anais do Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado (4ª ed.). Uberlândia, MG:

**[18]** PEREIRA, M.C.; LIMA, R.J.; FERREIRA, L.B. (2021). Análise quinquenal da precipitação em regiões semiáridas. Journal of Climate Studies, 15 (3), 178–190. https://doi.org/10.1002/joc.6789

**[19]** PARR, J.F.; STEWART, B.A.; ORNICK, S.B.; SINGH, R. P. Improving the sustainability of dryland farming system: a global perspective. In, Adv. Soil Science, v.13, p.1-7. 1990.

**[20]** PRĂVĂLIE, R.; PATRICHE, C.V.; SIRODOEV, I.; BANDOC, G.; DUMITRA， S.C.U.M.; PEPTENATU, D. Water deficit and corn productivity during the post-socialist period. Case study: Southern Oltenia drylands. Romania Arid. Land Res. Manag. 2016, 30, 239–257.

**[21]** THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

**[22]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology; v. 10, n. 3, 1953.

**[23]** UPRETY, M.; et al. Improving water resources management using participatory monitoring in a remote mountainous region of Nepal, Journal of Hydrology: Regional Studies, v.23, p. 100604, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100604.

**[24]** YANG, Z.; DIAO, C.; GAO, F. Towards scalable within-season crop mapping with phenology normalization and deep learning. IEEE. J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 2023, 16, 1390–1402.

# Capitulo 10

## Comparativos de modelos analíticos de evapotranspiração para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba

*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Romildo Morant de Holanda*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Cristiano José da Silva*

**Resumo:** O comportamento agrícola está conexo a elementos climáticos como: temperatura, umidade relativa, precipitação, radiação e velocidade do vento, os quais influenciam a disponibilidade hídrica e os processos de evapotranspiração. O objetivo é comparar e analisar o poder evapotranspirativos pelos métodos de Valiantzas 1, 2 e 3 e o de Hargreaves-Samani 1, 2 e 3, levando em consideração seus valores percentuais, visando a melhor escolha do método a ser aplicado no Povoado Ribeira de Cabaceiras. Utilizou-se dados de radiação, temperatura, umidade relativa, os quais geraram os valores da evapotranspiração. Os dados foram adquiridos de Medeiros (2023), cujos valores foram obtidos por meios de correlações, interpolações, aplicou-se ainda preenchimento de falhas, seguidos de testes de consistências e harmonizações. O poder evaporativo e evapotranspirativos se relacionam com as variáveis climáticas regionais e local, apresenta acréscimo e arrefecimento nos períodos secos e chuvosos, sendo ocasionados diretamente pelos elementos temperatura, umidade relativa, precipitação e radiação. Os métodos evapotranspirativos de Valiantzas 1, 2 e 3; Hargreaves-Samani 1, 2 e 3 apresentaram desempenhos similares, confirmando que ambos são úteis para estimativas do poder evaporativo, sendo o método Valiantzas 2 e Hargreaves-Samani 2 mais preciso e os outros dois mais acessíveis. Tais resultados contribuem significativamente para o manejo eficiente dos recursos hídricos e agrícola, auxiliando técnicos, agricultores e pesquisadores no desenvolvimento de práticas sustentáveis. Para a coletividade, o monitoramento do poder evaporativo permite indicar situações de deficiências hídricas, permitindo a adoção de medidas mitigadoras que garantam a segurança hídrica, produtividade agrícola e água potável.

**Palavras-Chave:** Modelos analíticos; Evapotranspiração; Deficiências hídricas; Poder evaporativos.

## INTRODUÇÃO

A ativação de eventos hidro meteorológicos extremos vem ocasionando mudanças climáticas naturais e antropogênicas forçadas é motivo de grande preocupação para a sociedade. Espera-se que o aumento nas intensidades pluviais em climas mais quentes resulte em ampliações significativos nos extremos de precipitação do que nos seus valores médios (IPCC 2021). Eventos pluviais extrema vem ameaçando a vida humana, danificar edifícios e infraestrutura, e causando perda significativas na agropecuária, entre tantos outros impactos. Estas consequências dependem da vulnerabilidade regional e local (IPCC 2022).

Na climatologia, os extremos de qualquer variável, são geralmente definidos como eventos que excedem certos limites extremos, como a precipitação máxima diária, o 99° percentil de uma função de distribuição cumulativa de precipitação diária (P99) ou o número de dias em que a precipitação total excede um limite definido (OMM 2009; Dunn et al., 2020). Nas oscilações das evapotranspirações a fauna e flora, sofrem desgastes por deficiências hídricas, possibilidades de incêndios ou focos de queimadas, secagem dos lenções de água e redução de água para abastecimento humano.

Farias et al, (2009) mostrou que o clima, está absolutamente conexo com os elementos precipitação, temperatura; radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento, são fatores determinante para o comportamento agrícola, e influenciam na disponibilidade hídrica e nos processos de evapotranspiração.

A analogia entre temperatura, intensidade pluvial e evapotranspiração não implica necessariamente causa e efeito, com temperaturas mais altas potencialmente associadas a diferentes sistemas sinóticos e, portanto, a diferentes regimes meteorológicos pluvial e evapotranspirativos. (Hardwick Jones et al., 2010).

Estudos baseados em dados apresentam diferentes resultados que dependem da localização geográfica, estação do ano e escala de tempo, assim como, dos processos físicos responsáveis pela geração do evento de precipitação e evapotranspirações extrema (Berg et al., 2009; Lenderink et al., 2010; Mishra et al., 2012; Sharma et al., 2019).

De acordo com os autores (Medeiros 2022; Cavalcante et al., 2010) as elevadas taxas evapotranspirativos e a má distribuição pluvial são os principais elementos que resultam no balanço hídrico negativo, limitando o desenvolvimento das culturas agrícolas. A evapotranspiração auxilia na reposição hídrica adequada para as plantas, garantindo a quantidade necessária conforme suas demandas, além de reduzir a mão de obra e o desperdício de água (Medeiros et al., 2022).

Segundo Leitão et al, (2023) a implementação de equipamentos agrícolas utilizados visa mitigar os impactos da deficiência hídrica, inclui irrigação, fertilizantes, práticas de manejo para retenção hídrica e estruturas como estufas e barreiras vegetativas, que mantêm a umidade do solo e proteção das plantas em períodos de estiagens. A irregularidade da distribuição das chuvas e aumento da evapotranspiração resultam no balanço hídrico negativo, limitando o desenvolvimento das plantas (Medeiros 2022; Cavalcante et al., 2010).

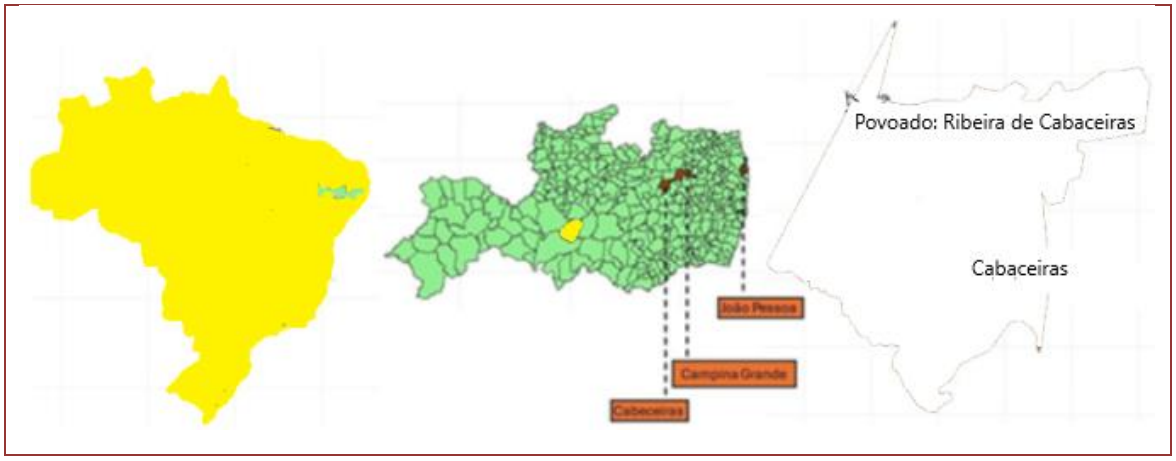
Mudanças climáticas têm intensificado o poder evaporativo do ar no Pará, elevando temperaturas e alterando padrões de precipitação, o que impacta a disponibilidade hídrica e exige estratégias de gestão sustentável (Ferreira et al., 2020; City Brazil, 2023; Araújo et al., 2007).

O objetivo do estudo é comparar e analisar o poder evapotranspirativos pelos métodos de Valiantzas 1, 2 e 3 com o método de Hargreaves-Samani 1, 2 e 3, levando em consideração os valores percentuais entre os métodos estudados, visando a melhor escolha do método a ser aplicado no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

## MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W e 391 metros, de altitude (AESA 2026).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22°C) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Existem diversos métodos para a estimativa da ETo, desde aqueles mais simples, com base puramente empírica, até aqueles que apresentam embasamento físico consistente sobre o fenômeno, contudo, há sempre algum empirismo presente. Esta diversidade de métodos ocorre devido à complexidade da transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera.

A temperatura máximas, média e mínima foram estimadas pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T (Cavalcanti et al., 2006; Cavalcanti et al., 1994). O balanço hídrico foi estimado através do software Balanços Hídrico desenvolvido em planilhas eletrônicas (Medeiros 2018).

Os dados e as análises das distribuições pluviais de 2010-2024 foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, (AESA 2025).

Os dados de radiação solar extraterrestre, radiação solar, foram computados por programas computacionais desenvolvido em planilhas eletrônicas por Medeiros (2023).

O estudo utilizou dados de radiação, temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa do ar, aplicados aos métodos de Valiantzas 1, 2 e 3 e o método de Hargreaves-Samani 1, 2 e 3, para gerar os valores da evapotranspiração compreendido entre 2010-2024 com finalidade de realizar seu comparativo.

Os dados foram adquiridos de Medeiros (2023), cujos valores foram obtidos por meios de correlações, interpolações, aplicou-se ainda preenchimento de falhas, seguidos de testes de consistências e harmonizações.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Para Silva et al, (2017), períodos quentes elevam o poder evapotranspirativos e evaporativo, além dos índices pluviais serem irregulares e má distribuído na região do semiárido brasileiro, o que torna a reposição hídrica via evapotranspiração fundamental.

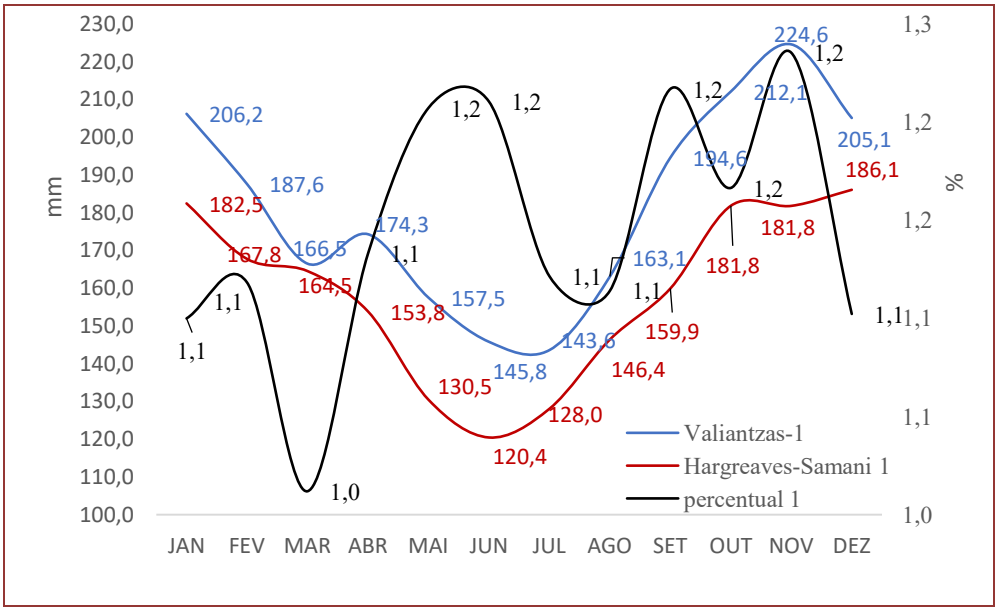
A variabilidade do período chuvoso impacta a temperatura e umidade do ar, como discutido por (França et al., 2021). Em conformidade com os dados obtidos pelos métodos de Valiantzas 1 e Hargreaves-Samani 1, foram observados os índices numéricos fluindo com seus percentuais de 1,0% (março) a 1,2% nos meses de maio, junho, setembro, outubro, novembro e dezembro, considerados percentuais aceitos para uso de comparativos.

Na figura 2 tem-se o método evapotranspirativos de Valiantzas-1, que registrou máximos valores nos meses de outubro a janeiro e valores mínimos em junho e julho, observam-se reduções gradativas entre janeiro a julho fluindo de 206,2 mm a 145,8 mm e acréscimo gradual de agosto a dezembro com oscilações de 143,6 mm a 224,6 mm. O valor mínimo ocorreu em julho e o máximo em novembro.

O método Hargreaves-Samani 1 registra valores similares ao discutido acima, porém suas oscilações decrescentes que ocorrem de janeiro a julho fluem de 182,5 mm a 128,0 mm. Os valores crescentes do poder evapotranspirativos registram de agosto a dezembro com flutuações de 146,4 mm a 186,1 mm, seus valores de mínimos e máximos ocorrem em julho e novembro.

Os métodos analisados mostram valores semelhantes de evapotranspirativos, e seus percentuais indicam boas similaridades para uso dos modelos, na região semiárida paraibana. Os resultados de Silva et al, (2017) corroboram com as discussões.

**Figura 2:** Comparativos dos métodos evapotranspirativos de Valiantzas-1 versus Hargreaves-Samani-1 e seus percentuais para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



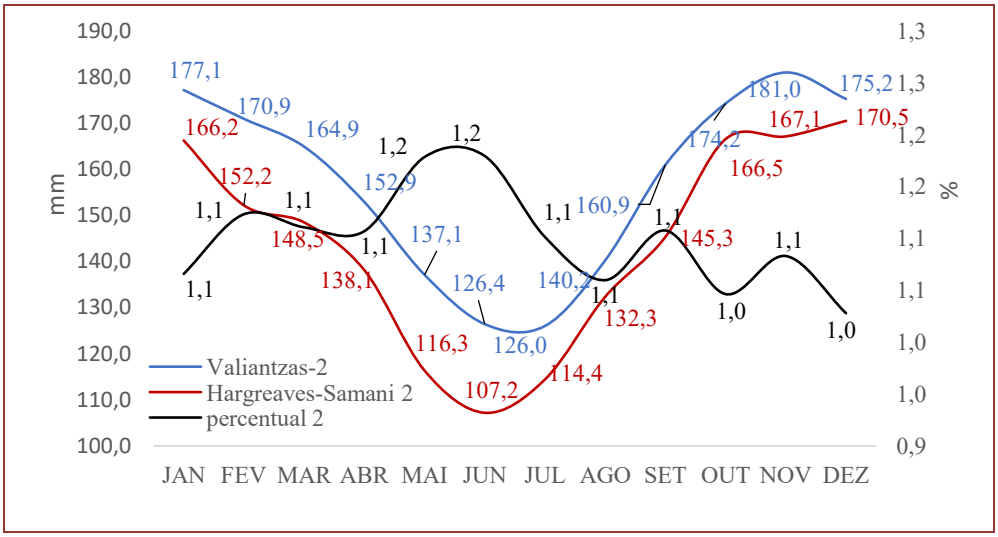

Fonte: Medeiros (2026).

A precipitação é a fonte principal de água para o solo na região Nordeste do Brasil, influenciando variáveis climáticas, a evaporação e a transpiração das plantas (Marengo et al., 2017; Marengo et al. 2021; Holanda et al. 2022).

Os comparativos dos métodos evapotranspirativos de Valiantzas-2 versus Hargreaves-Samani-2 e seus percentuais para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, estão representados na Figura 3, que nos demonstram as variabilidades evaporativas dos referidos métodos. Em Valiantzas-2 observam-se oscilações crescentes de julho a novembro fluindo de 142,2 mm a 181,0 mm, já no método de Hargreaves-Samani-2, os valores evapotranspirativos foram inferiores ao de Valiantzas-2, com flutuações de 114,4 mm a 170,5 mm, destaca-se que os percentuais entre os métodos oscilaram de 1,1% a 1,2%.

Entre janeiro a junho registra-se reduções nos índices evapotranspirativos para os dois métodos estudados, seguidos de seus respectivos percentuais de 1,1% a 1,2%. Em resumo o método de Hargreaves-Samani-2 registra índices inferiores ao de Valiantzas-2, as aplicações de ambos os métodos devem serem aplicados com bastante cuido, e levando-se em considerações os sistemas atuantes na atmosfera, ocasionadores de chuva ou não na região.

**Figura 3:** Comparativos dos métodos evapotranspirativos de Valiantzas-2 versus Hargreaves-Samani-2 e seus percentuais para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



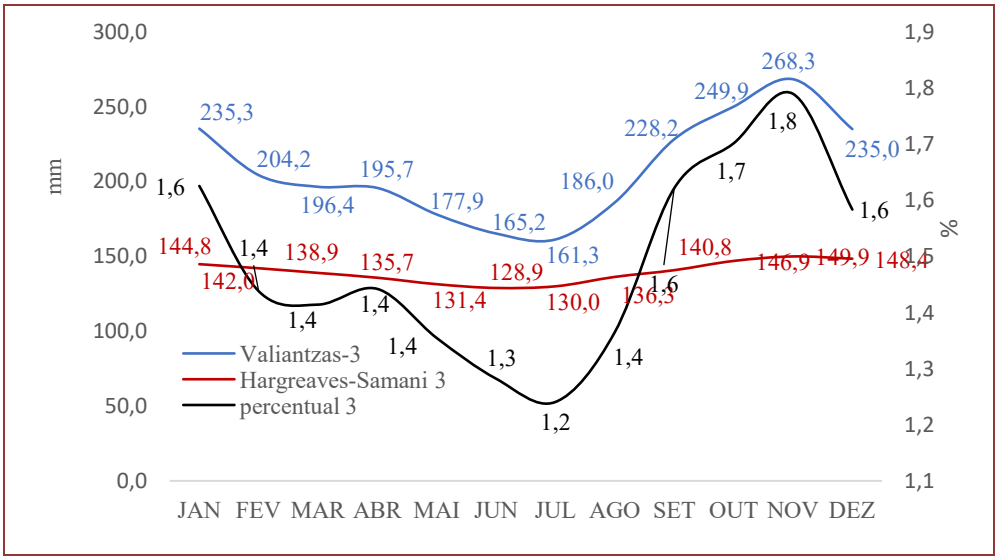

Fonte: Medeiros (2026).

O método Valiantzas-3 registra altos valores evapotranspirativos de setembro a fevereiro, fluindo de 204,2 mm a 268,3 mm, nos meses de março a agosto tem-se os menores poder evapotranspirativos com oscilações de 165,2 mm a 195,7 mm. Estas flutuações estão interligadas às flutuações pluviais ocorridas. Destaca ainda, o mês de junho com seu pico de mínima ETo e novembro com pico de máxima.

Observam-se que os percentuais entre os dois modelos oscilam de 1,2% a 1,8%, o que representam valores de ETo diferente entre os métodos estudados.

Os dados de ETo pelo modelo de Hargreaves-Samani 3 fluíram de 128,9 mm a 149,9 mm, com seu pico de máxima em novembro e o pico de mínima em junho. Resultados similares foram detectados por Matos et al, (2025).

**Figura 4:** Comparativos dos métodos evapotranspirativos de Valiantzas-3 versus Hargreaves-Samani-3 e seus percentuais para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

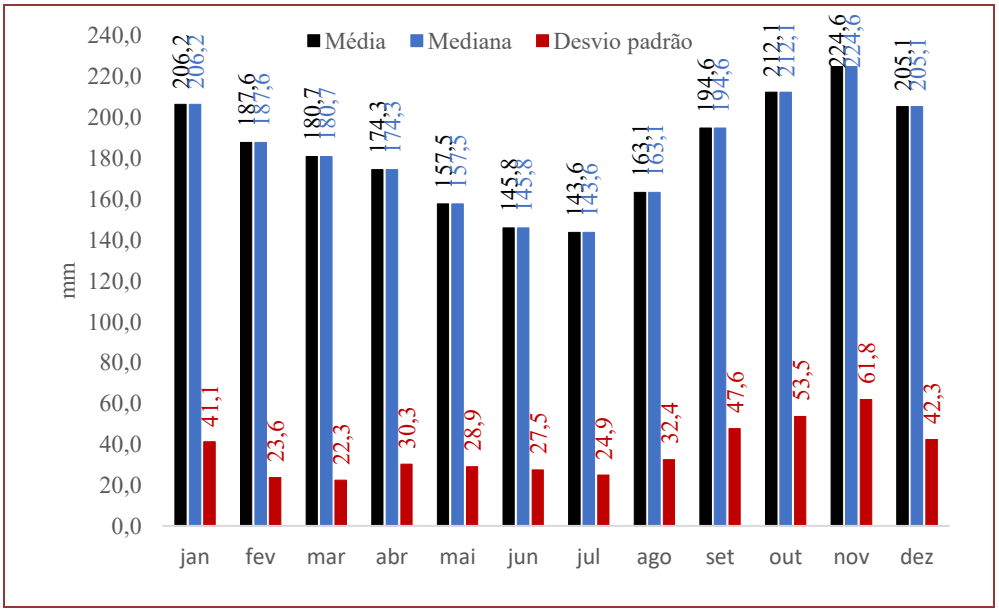



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 5 – tem-se as análises das distribuições estatísticas da média, mediana e desvio padrão, pelos métodos de Valiantzas 1, 2 e 3, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.

Os valores da média e mediana igualam-se (Figura 5), reforçando os dados estudadas com consistências e homogeneidades, destaca-se que tanto os valores médios como os da mediana poderão ser repetidos com grande sucesso. Os valore do desvio padrão se distanciam dos valores médios, ocasionando impossibilidade de repetição de seus valores no futuro.

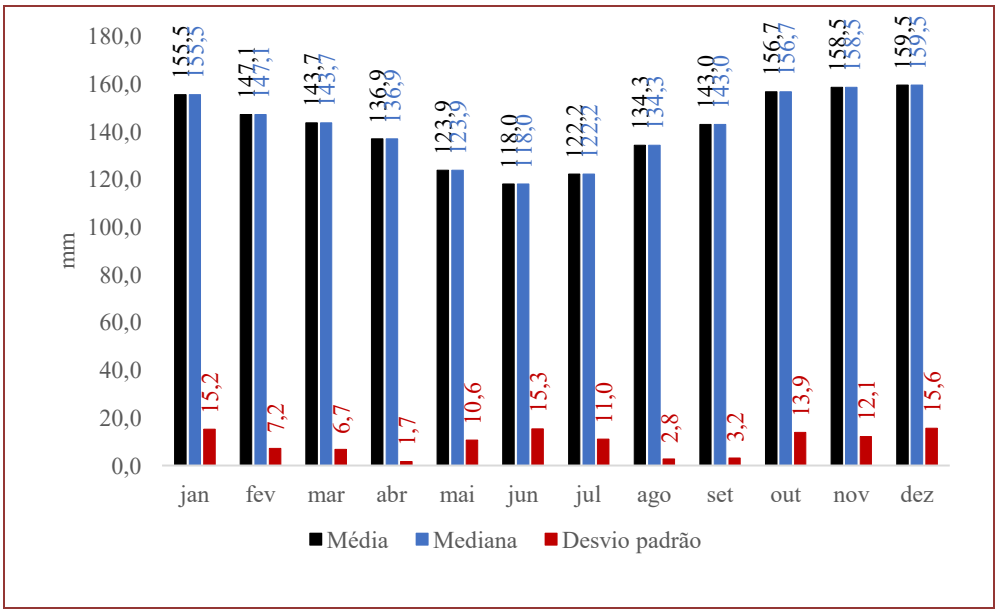
**Figura 5:** Análise das distribuições estatísticas da média, mediana e desvio padrão, pelos métodos de Valiantzas 1, 2 e 3, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.




Fonte: Medeiros (2026).

As análises das distribuições estatísticas da média, mediana e desvio padrão, pelos métodos de Hargreaves 1, 2 e 3, nos assegura que os valores da média e mediana podem serem retornados em curto intervalos de tempo, e que os métodos podem serem aplicados com confiabilidade na regão trabalhada (Figura 6), em respeito ao desvio padrão perceber-se que ele se distancia da média, não contribuindo par valores padrões do estudo.

**Figura 6:** Análises das distribuições estatísticas da média, mediana e desvio padrão, pelo método de Hargreaves-Samani 1, 2 e 3, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

O poder evaporativo e evapotranspirativos se relacionam com as variáveis climáticas regionais e local, apresenta acréscimo e arrefecimento nos períodos secos e chuvosos, sendo ocasionados diretamente pelos elementos temperatura, umidade relativa, precipitação e radiação.

Os métodos evapotranspirativos de Valiantzas 1, 2 e 3; Hargreaves-Samani 1, 2 e 3 apresentaram desempenhos similares, confirmando que ambos são úteis para estimativas do poder evaporativo, sendo o método Valiantzas 2 e Hargreaves-Samani 2 mais preciso e os outros dois mais acessíveis. Tais resultados contribuem significativamente para o manejo eficiente dos recursos hídricos e para o planejamento agrícola, auxiliando técnicos, agricultores e pesquisadores no desenvolvimento de práticas mais sustentáveis.

Para a coletividade, o monitoramento do poder evaporativo permite indicar situações de deficiências hídrica, permitindo a adoção de medidas mitigadoras que garantam a segurança hídrica, produtividade agrícola e água potável para a humanidade.

No geral, os métodos foram mais vulneráveis ao período seco, levando ao esgotamento do armazenamento da umidade do solo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se investigar os efeitos do poder evaporativo e evapotranspirativos sobre culturas agrícolas específicas, com vistas à elaboração de estratégias regionais e local que se adaptem às mudanças climáticas.

A estimativa do poder evaporativo e evapotranspirativos ajuda na previsão de secas e no planejamento de medidas adaptativas frente às mudanças climáticas. De tal modo, os dados obtidos por métodos Valiantzas-2 versus Hargreaves-Samani-2 oferecem

subsídios relevantes para estudos sobre os impactos climáticos e a sustentabilidade dos sistemas produtivos na área estudada.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa. Base de dados, 2025. Disponível em <http://geo.aesa.pb.gov.br>.

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. v.22, p.711–728, 2014.

**[3]** ARAÚJO, W.F.; COSTA, S.A.A.; SANTOS, A.E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET0) Para Boa Vista-RR. Revista Caatinga, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.

**[4]** BERG, P.; HAERTER, J.O.; THEJLL, P.; PIANI, C.; HAGEMANN, S.; CHRISTENSEN, J.H. 2009. Seasonal characteristics of the relationship between daily precipitation intensity and surface temperature. Journal of Geophysical Research 114:D18102**.**

**[5]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... SBMET, 1, 154-157.

**[6]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. (2016). Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, 10(1), 140-147. 2006. Editora@ufcg.edu.br. p.150.

**[7]** CAVALCANTE, L.F et al. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, HR; DIAS, NS; LACERDA, CF (eds.). Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 423-448.

**[8]** CITYBRAZIL. 2023. Disponível em: https://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/1559.

**[9]** DUNN, R.J.H.; ALEXANDER, L.V.; DONAT, M.G. et al. 2020. Development of an updated global land in situ-based data set of temperature and precipitation extremes: HadEX3. JGR Atmosphere 125: e2019JD032263.

**[10]** FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Soja In: Monteiro, J.E.B.A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, cap,15, p.261-278, 2009.

**[11]** FERREIRA, B.G. et al., Análise da variabilidade do poder evaporante do ar em um cultivo de açaizeiro (Euterpe oleracea Mart.), Castanhal-PA. Revista Sustinere, v. 7, n. 2, p. 362–373, 2020.

**[12]** HARDWICK JONES, R.; WESTRA, S.; SHARMA, A. 2010. Observed relationships between extreme sub-daily precipitation, surface temperature, and relative humidity. Geophysical Research Letters 37: L22805.

**[13]** IPCC. 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P.; Zhai, A.; Pirani, S.L.; Connors, C.; Pean, S.; Berger, N.; Caud; et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

**[14]** IPCC. 2022. Summary for Policymakers [H.-O. Portner, D.C.; Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegria, et al. (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Portner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S.

**[15]** Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Loschke, V. Moller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge. University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

**[16]** KÖPPEN, Wladimir Peter. Grundriss der klimakunde. W. de Gruyter, 1931.

**[17]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. Wall-map 150cmx200cm, p. 91-102, 1928.

**[18]** LEITÃO, D.L.; et al. Amazônia Irrigada: Abordagem Bibliográfica dos Impactos Ambientais e Planejamento para o Desenvolvimento da Irrigação Sustentável. In: Ciências Agrárias: Estudos Sistemáticos e Pesquisas Avançadas 3. v. 3, p. 21-37. Atena Editora, Ponta Grossa, PR, 2023.

**[19]** LENDERINK, G.; VAN MEIJGAARD, E. 2010. Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes. Environmental Research Letters 5 (2): 025208.

**[20]** MARENGO, J.A et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S.S. *et al*. (Ed.). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 383-416.

**[21]** MEDEIROS, M.B.C.L. Fisiologia e produção do coqueiro (*Cocos nucifera*, L.) submetido a irrigação e fertirrigação no Nordeste Paraense. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022, 122 f.

**[22]** MEDEIRO, R.M. (2023). Estudo Agrometeorológico para o Estado da Paraíba.p.132.

**[23]** MEDEIRO, R.M. (2018). Analise dos fatores climáticos da Paraíba.

**[24]** MISHRA, V.; WALLACE, J.M.; LETTENMAIER, D.P. 2012. Relationship between hourly extreme precipitation and local air temperature in the United States: Extreme precipitation and temperature. Geophysical Research Letters, 39: L16403.

**[25]** SILVA, A.R.A *et al*. Respostas fisiológicas de coqueiros anões sob déficit hídrico em solos salinos. Revista Caatinga, v. 2, p. 447-457, 2017.

**[26]** SHARMA, S.; MUJUMDAR, P.P. 2019. On the relationship of daily rainfall extremes and local mean temperature. Journal of Hydrology 572: 179–91.

**[27]** THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

**[28]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology; v. 10, n. 3, 1953.

**[29]** WMO. 2009. Guidelines on: Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WMO, Geneva, 2009, 52p.

# Capítulo 11

## *Oscilações hídricas de sete em sete anos e seu comparativo com a climatologia pluvial no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba*

*Cristiano José da Silva*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Romildo Morant de Holanda*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*

**Resumo:** A água, mesmo em fartura, sua distribuição espacial e temporal sobre a Terra é bastante irregular causando problemas de excesso e escassez em alguns lugares. estudar as oscilações hídricas de sete em sete anos (2010-2016; 2017-2023) pela estimativa do balanço hídrico e seu comparativo com a climatologia (2010-2023) no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. As análises das distribuições pluviais ao longo da série: 2010-2016; 2017-2023 e 2010-2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos. A temperatura média foi estimada pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T. O cômputo do Balanço Hídrico foi processado segundo a metodologia de Thornthwaite. A relação evapotranspiração e precipitação em seus valores anuais evidenciaram que precipita menor que evapotranspiração, consistem no fato do solo reter água. O regime de chuvas, com uma estação seca bem definida, associado à má distribuição das chuvas durante a estação chuvosa e a pobreza de nutrientes dos solos, em geral, exigem alto nível técnico para a produção agrícola, sendo recomendável a adoção de práticas de manejo que visem conservar a água no solo. O balanço hídrico registrou deficiência hídrica de 1116,2 mm/ano (2010-2016); 1065,6 mm/ano (2017-2023) e entre 2010-2023 foi de 1075,3 mm/ano, nestes intervalos de sete anos e sua climatologia não se registrou excedente hídrico. A falta de planejamento hídrico na área estudada, onde tem-se muito que ser realizado para a melhoria do armazenamento, abastecimento humano e agropecuária. A evapotranspiração é praticamente quatro vezes o valor da precipitação e a evaporação é igual a precipitação.

**Palavras-chave:** Ciclo hidrológico; Análise climatológica; recursos hídricos.

## INTRODUÇÃO

França et al, (2020) aferiram as condições hídricas e sua variabilidade com capacidade de campo (CAD) propendendo entender as flutuações através do cômputo do BH. Os índices pluviais estudados ocasionaram maiores incidências nas variações climáticas e na capacidade de campo, esperando-se chuvas de intensidades fortes com alta magnitudes, amplitude e em curto intervalo de tempo. Os resultados indicam situações críticas das condições do solo estudado, o que poderá ocasionar grandes impactos nos recursos hídricos, meio ambiente e socioeconomia, e na prática de cultura de sequeiro.

Segundo o IPCC (2014) as ações abióticas vêm afetando o clima terrestre, procedendo em altas variabilidades térmicas e mudanças no ciclo anual pluvial em escala global, essa modificação climática vem resultar em chuvas intensas ou secas severas, como as registradas no Nordeste, nos anos de 1877, 1983, 1991,1998, 2012 e 2016 (Marengo et al., 2017).

Segundo o (IPCC 2021) a recorrência de desastres e a magnitude dos danos vem causando acréscimo em todo globo. Alguns desses eventos extremos estão associados às condições climáticas e meteorológicas que estão relacionadas às mudanças climáticas, conforme mostram as projeções globais

De acordo com os estudos do IPCC (2022); IPCC (2023); IPCC (2013); Assad et al. (2008), no Brasil e no Globo, onde se destacam sobre o aquecimento global e segurança alimentar, advertem que as mudanças climáticas estão afetando a produção de alimentos e ocasionando acréscimos nas áreas de risco.

O relatório Intergovernmental Painel on Climate Change (IPCC 2023), relata que o aquecimento global, vem sendo em sua grande maioria pela ação da humanidade, onde se estima em 1,1°C de acréscimo, o que ocasionara alterações e impactos expressivos no clima do planeta. Augura-se que as oscilações térmicas energizarão, ainda mais, a intensidade e magnitude dessas mudanças, serão afetadas.

Conforme IPCC (2022) assegura, que as implicações nas mudanças climáticas e seus impactos adversos causados em ecossistemas, pessoas, assentamentos e infraestrutura, sendo que em alguns deles são irreversíveis. As mudanças climáticas reduziram a segurança alimentar e hídrica de diversas comunidades, afetando negativamente a saúde física e mental das pessoas mundialmente. Em todas as regiões, eventos de calor extremo resultaram em mortalidade e morbidade humana. Evento de doenças de origem alimentar e hídrica relacionadas ao clima aumentou, e de doenças animais e humanas, incluindo a zoonoses, que está abrolhando em novas regiões. Além disso, temperaturas mais elevadas, maior abundância pluvial causando inundações e acarretando maiores ocorrência de doenças, como: diarreia, cólera e infecções gastrointestinais. Nos ambientes urbanos, as mudanças climáticas causaram impactos na saúde humana, subsistência, infraestrutura e nos extremos de calor.

Para o relatório do Intergovernmental Painel on Climate Change (IPCC 2021), afirma que é inconfundível a influência humana no aquecimento atmosférico, oceano e solo. O acréscimo nas concentrações de gases de efeito estufa os quais vem sendo observado desde 1750 é diretamente determinado por atividades humanas, que ocasionaram consequência de mudanças rápidas e generalizadas na atmosfera, oceanos, criosfera e biosfera. As projeções do IPCC (2021), assinalam grandes consequências, como: (a) estimativa de aumento que a temperatura alcance de 1,5°C a 2°C até 2050; (b) prejuízo terminante na saúde dos habitantes e para o setor agricultura se o limite de 2°C

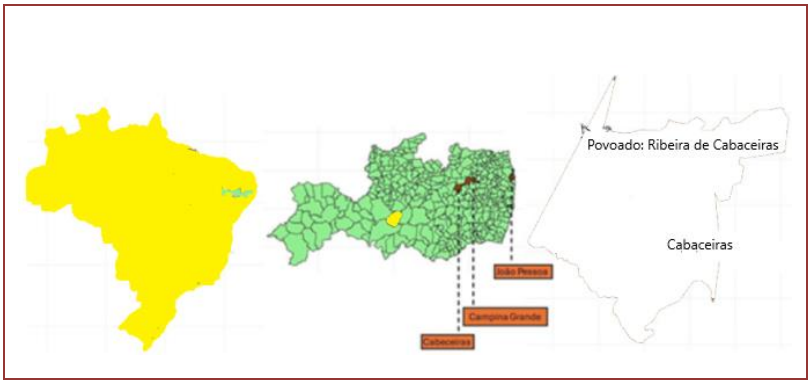
acontecer em 2050; (c) intensificação das secas com a variação térmica; (d) probabilidade de ascensão térmicas nas regiões: norte, sudeste e centro oeste do Brasil, e na América do Sul; (e) aumento da temperatura em dias mais frios no Ártico, sendo estimado até três vezes com maior intensidade que o previsto em relatórios anteriores; (f) aumento de intensidade e frequência de eventos extremos como ciclones tropicais intensos e chuvas torrenciais.

Tem-se por objetivo estudar as oscilações hídricas de sete em sete anos (2010-2016; 2017-2023) pela estimativa do balanço hídrico e seu comparativo com a climatologia (2010-2023) no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). O povoado Ribeira, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W de Greenwich, com altitude de 391 metros, encontra-se na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

**Figura 1:** Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953), o clima é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22°C) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

As análises das distribuições pluviais ao longo da série:2010-2016; 2017-2023 e 2010-2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, (AESA, 2025).

A temperatura média foi estimada pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T (Cavalcanti et al., 2006; Cavalcanti et al., 1994). O balanço hídrico foi estimado através do software Balanços Hídrico desenvolvido em planilhas eletrônicas (Medeiros, 2018).

O cômputo do Balanço Hídrico Climatológico foi processado segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando-se dos índices de evapotranspiração potencial (ETP) segundo o método de Thornthwaite (1948) (Equação 1) e da capacidade de água disponível de 100 mm (CAD).

$$ETP = 16 \times \left(10 \times \frac{T}{I}\right)^{a} \quad (1)$$

Onde:

T - Temperatura média mensal, °C;

I - Nível de calor;

[a] – Uma função de I.

$$I = \sum_{1}^{12} \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (2)$$

$$a = 6{,}75 \times 10^{-7} \times I^{3} - 7{,}71 \times 10^{-5} \times I^{2} + 0{,}01791 \times I + 0{,}492 \quad (3)$$

A ETP representa o total mensal evapotranspiradas que acertaria para as condições térmicas do mês com 30 dias e 12 horas de fotoperíodo (N). Assim, a ETP será corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP) (Equação 4).

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right) \times \left(\frac{NDP}{31}\right) \quad (4)$$

Para o cômputo das anomalias pluviais (Ano.Plu) de 2010-2016; 2017-2023, utilizou-se a formulação.

Ano.Plu = (Precipitação observada – Precipitação climatológica) (5)

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A evapotranspiração e a precipitação são fatores chaves do ciclo da água e energia, desempenhando papel crítico, especialmente em áreas agropecuárias. A região semiárida do nordeste do Brasil, com seus climas diversificados é a região de irregularidades e intensidades variáveis nos índices pluviais e de altas temperaturas, porém, a agricultura de sobrevivência é dominante na região.

Os valores percentuais mensais pluviais da área estudada, está representada na tabela 1, a qual demonstram a má distribuição e irregularidade pluvial inter período comparado a climatologia.

Estes valores percentuais representam seus percentuais mensais em relação ao total anual pluvial. Visualizando os valore percentuais, perceber-se suas oscilações variáveis inter meses e período. Destaca-se os meses para os três períodos em que se tem maiores significâncias: março a julho. Os meses agosto a março com valores aleatórios, ocasionados pela má distribuição pluvial e seus sistemas atmosféricos. Em seus estudos para a cidade de Amparo de São Francisco e para a Região semiárida Nordestina os autores França et al, (2022); França et al, (2020) e Marengo et al, (2017) detectaram similaridades de valores.

**Tabela 1:** Valores percentuais mensais pluviais de sete em sete e sua climatologia, em relação ao total anual pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil.

| Meses | 2010-2016 | 2017-2023 | climatologia |
|---|---|---|---|
| Janeiro | 12% | 6% | 9% |
| Fevereiro | 9% | 4% | 6% |
| Março | 8% | 23% | 16% |
| Abril | 14% | 16% | 15% |
| Maio | 12% | 19% | 16% |
| Junho | 16% | 11% | 14% |
| Julho | 9% | 10% | 9% |
| Agosto | 6% | 4% | 5% |
| Setembro | 1% | 1% | 1% |
| Outubro | 4% | 0% | 2% |
| Novembro | 2% | 2% | 2% |
| Dezembro | 7% | 4% | 5% |

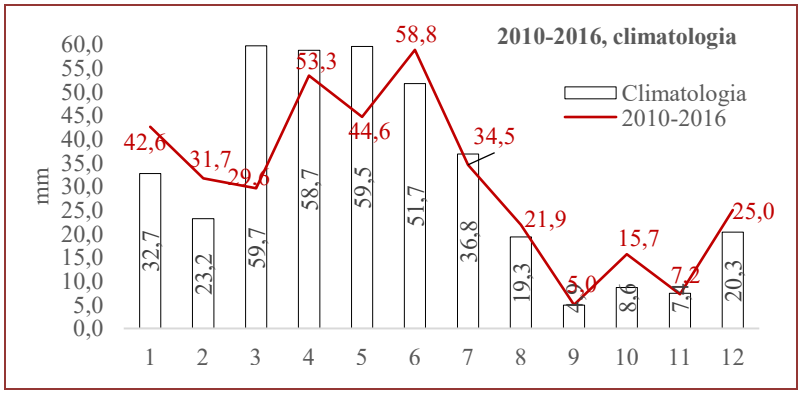
Fonte: Medeiros (2026).

A região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta clima semiárido com variabilidade espaciais e temporais pluviais diversificadas, com altas ocorrência dos poderes evapotranspirativos e evaporação (Albuquerque et al., 2009). Segundo Souza Filho et al. (2006), as oscilações e suas flutuações climáticas ocasionam impactos significativos nos setores socioeconômico, recursos hídricos, agropecuário, agricultura de subsistência e familiar.

Os índices pluviais registrados no período de 2010-2016 (figura 2), foram superiores aos valores da climatologia (2010-2023) nos meses de janeiro, fevereiro, junho, agosto, setembro, outubro e dezembro. Os meses de março, abril, maio, julho e novembro oscilaram abaixo dos valores pluviais climatológicos. Estas flutuações estão interligadas aos sistemas provocadores e/ou inibidores das chuvas na área em estudo.

Os movimentos verticais descendentes, a troca de calor e umidade, as formações das linhas de instabilidade e aglomerados convectivos, pulso isolado da Zona de Convergência Intertropical, auxiliaram nas formações das nuvens e ocasionar chuvas moderadas a forte, e em alguns meses ocorrências de chuvas extremas com alta intensidade e magnitude, similaridades de resultados foram detectados por Marengo et al, (2017); Medeiros (2022).

**Figura 2:** Comparativos pluviais do período 2010-2016 e da climatologia (2010-2023), em Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

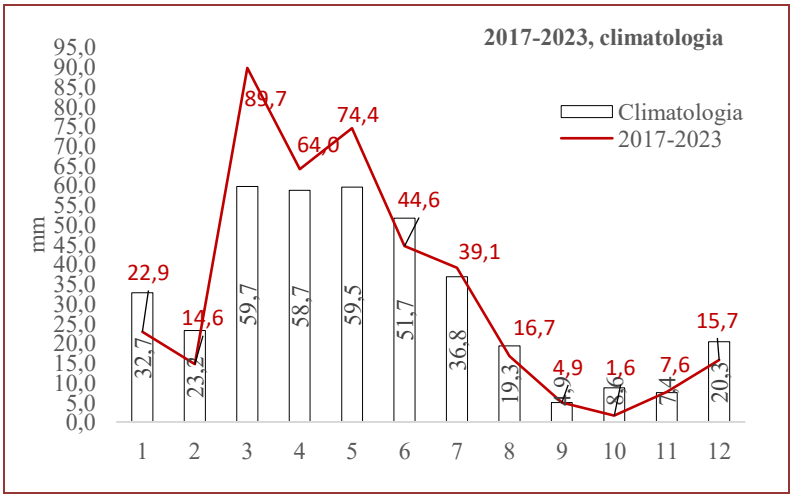



Fonte: Medeiros (2026).

Rebouças (2006) mostrou que a água é um recurso primordial para a sustentação da vida, ao que se fazer referência a "água doce", este fator encontra-se interligados aos múltiplos uso e atividades desenvolvidas por meio deste recurso, entre elas, abastecimento para consumo humano, armazenamento, atividades agroindustrial, agropecuária, irrigação e ecossistemas.

As atuações dos múltiplos sistemas atmosféricos ocasionando chuva ora acima e ora abaixo da normal para o período de sete anos, compreendido entre 2017-2023 (Figura 3), acarretando menores incidências pluviais nos meses de janeiro, fevereiro, junho, agosto, outubro e dezembro, e nos demais meses em estudo os valores pluviais foram acima da normalidade, exceto para setembro onde a pluviometria e a climatologia foram iguais. Para Marengo et al, (2017); Marengo et al, (2011) e Marengo et al, (2007), estas flutuabilidades na região Semiárida Nordestina são de atualizações normais e sazonais.

**Figura 3:** Comparativos pluviais do período 2017-2023 e da climatologia (2010-2023), em Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



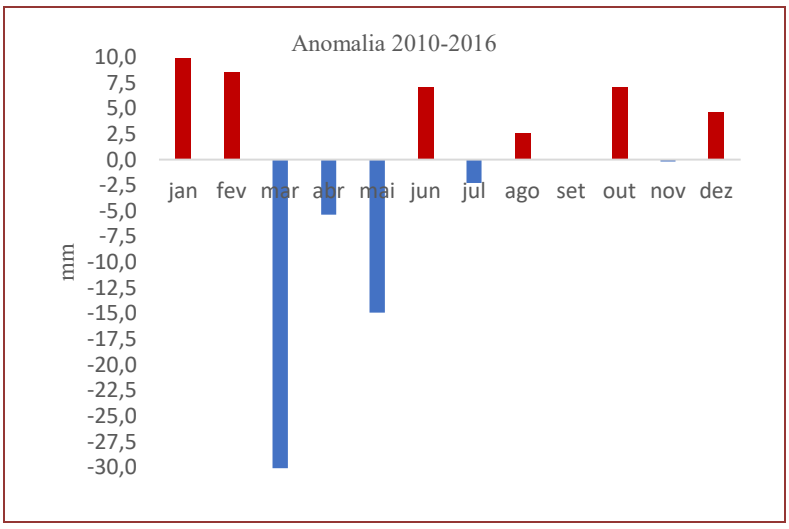

Fonte: Medeiros (2026).

Segundo os autores Galvíncio et al, (2006) em diversas regiões do Globo, a disponibilidade dos recursos hídricos é adequada, porém mal distribuída geográfica e temporalmente, os volumes de água armazenados são frequentemente sobre utilizados, quando deveriam propiciar vazões regularizadas visando o atendimento de demanda bem definidos e permitindo um equilíbrio entre a disponibilidade natural e a necessidade hídrica.

Na Figura 4, observam-se as flutuações anomalia pluvial do período 2010-2016 registrou sete meses, com anomalias positivas, fluindo de 0,1 mm (setembro) a 10 mm (janeiro). Nas anomalias negativas registrou quatro semana, com oscilações 2,5 (julho) a 30,0 mm (março).

As anomalias, podem terem recebidos auxílios dos sistemas sinóticos transientes, seguidamente das oscilações regional e local, radiação, insolação, orografia. As discussões que corroboram com os resultados, são revistos em França et al, (2022); Medeiros et al, (2022); IPCC (2014) e IPCC (2023).

**Figura 4:** Anomalia pluvial do período 2010-2016, em Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

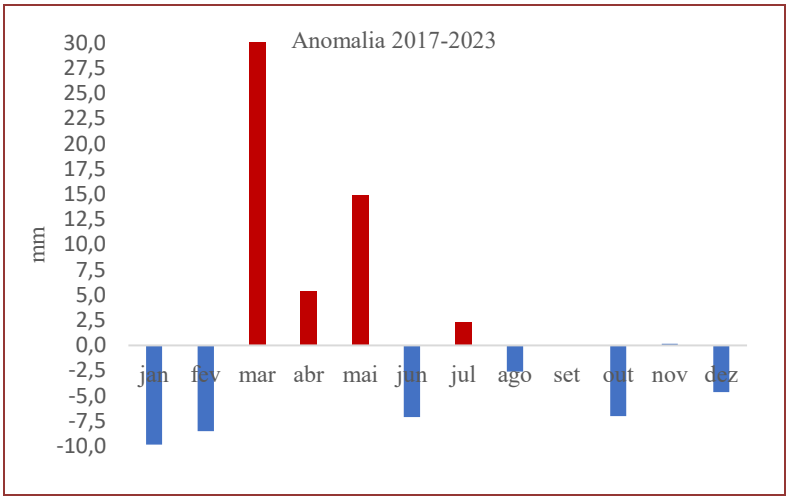



Fonte: Medeiros (2026).

As anomalias do período 2017-2023, (Figura 5) foram influenciadas pelos auxílios dos sistemas sinóticos atmosféricos transientes em atuação, seguidamente das contribuições regional e local, radiação, insolação, orografia, chuvas fortes e intensas em curto intervalo de tempo, ocasionadas pelas formações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos. As discussões que corroboram com os resultados, são revistos em França et al, (2022); Medeiros et al, (2022); IPCC (2014); IPCC (2022) e IPCC (2023).

Com ocorrências de quatros meses de anomalias positivas oscilando de 2,2 mm (julho) a 30 mm no mês de março, ocasionando chuvas acima dos padrões normais em alguns meses. Nas anomalias negativas ocorreu atuação dos sistemas de bloqueios atmosféricos reduzindo os índices pluviais e registrando sete meses de predominâncias com flutuações variando de 0,1 mm (setembro) a 9,8 mm (janeiro), as oscilações hídricas foram abaixo da normalidade.

**Figura 5:** Anomalia pluvial do período 2017-2023, em Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 2 tem-se as oscilações dos elementos do balanço hídrico de 2010-2016, da área em estudo, para a capacidade de campo de 100 mm. Temperatura entre 23,5°C a 24,1°C, ocorrem as menores taxas de evapotranspiração, e entre 25,1°C a 27,1°C aconteceram os maiores valores de evapotranspiração. Estas consequências são condizentes com os valores ressaltados nos estudos de Matos et al, (2019). A estimativa da evapotranspiração é importante para a determinação das aplicações nos sistemas de irrigação, tomada de decisão para gestão da água, análises de seca, estudos ambientais, recursos hídricos, armazenamento e abastecimento humano. (Cadro et al., 2017; Pandey et al., 2016 e Pereira et al., 2015).

Os índices pluviais e os da evapotranspiração real igualaram-se, ou seja, tudo que precipitou evaporou em seguida, estas variações de chuva e evapotranspiração real, dar-se pela ausência da infiltração, e do solo aquecido. Não se registrou excedentes hídricos, como a capacidade de campo não foi suficiente para abastecer o solo, os excedentes foram nulos durante o ano inteiro. A deficiência hídrica anual totaliza 1116,2 mm, fluindo de 35,8 mm (junho) a 137,5 mm (novembro), os meses de menores deficiências hídricas registrou-se de abril a julho, e entre agosto a março as maiores deficiências, estas flutuações foram decorrentes da má distribuição e irregularidades pluviais que não foram suficientes para abastecer o solo, resultados similares foram detectados por França et al, (2022).

A evapotranspiração potencial média anual é de 1486,1 mm, as oscilações mensais da evapotranspiração fluem de 88,8 mm (julho) a 156,1 mm (dezembro), os meses de maiores evapotranspiração é de setembro a maio, acompanhando as flutuações térmicas elevadas e de maio a setembro os menores índices evapotranspiradas, onde se registrou as menores oscilações térmicas. Estas informações são relevantes para que o produtor rural possa realizar o planejamento da lâmina de irrigação adequada para os cultivos ao longo do ano.

**Tabela 2:** Esboço do Balanço hídrico de 2010-2016 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, para a capacidade de Campo de 100 mm.

| Meses | Temperatura média (°C) | Precipitação histórica (mm) | Evapotranspiração (mm) | Evaporação (mm) | Deficiência (mm) | Excedente (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,9 | 42,6 | 148,3 | 42,6 | 105,8 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,7 | 31,7 | 133,0 | 31,7 | 101,4 | 0,0 |
| Março | 26,4 | 29,6 | 140,4 | 29,6 | 110,8 | 0,0 |
| Abril | 26,0 | 53,3 | 125,7 | 53,3 | 72,3 | 0,0 |
| Maio | 25,2 | 44,6 | 114,4 | 44,6 | 69,8 | 0,0 |
| Junho | 24,1 | 58,8 | 94,5 | 58,8 | 35,8 | 0,0 |
| Julho | 23,5 | 34,5 | 88,8 | 34,5 | 54,3 | 0,0 |
| Agosto | 23,9 | 21,9 | 95,6 | 21,9 | 73,7 | 0,0 |
| Setembro | 25,1 | 5,0 | 110,3 | 5,0 | 105,3 | 0,0 |
| Outubro | 26,1 | 15,7 | 134,1 | 15,7 | 118,4 | 0,0 |
| Novembro | 26,8 | 7,2 | 144,8 | 7,2 | 137,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,1 | 25,0 | 156,1 | 25,0 | 131,2 | 0,0 |
| Anual | 25,6 | 369,9 | 1486,1 | 369,9 | 1116,2 | 0,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

No período 2017-2023 (Tabela 3), tem-se o esboço do balanço hídrico, com temperatura anual de 25,5°C e suas oscilações mínima e máxima registradas com 23,4°C (junho) e 27,0°C (dezembro), as maiores elevações térmicas ocorrem entre outubro a abril, assim como, os maiores valores da evapotranspiração potencial e os menores valores térmicos e evapotranspirativos de maio a setembro. Evapotranspiração anual com 1486,1 mm e suas maior e menor flutuabilidades ocorrem em dezembro (156,1 mm) e em julho (88,8 mm).

A precipitação anual é de 395,9 mm, fluindo de com maiores índices entre março e julho e os menores índices de agosto a fevereiro. Destaca-se que nos menores índices pluviais tem-se as maiores taxas evapotranspiradas e nas maiores incidências pluviais, as menores taxas evapotranspiradas.

As taxas pluviais e evapotranspiradas real foram iguais, ou seja, tudo que precipitou evaporou instantaneamente. Não se registrou excedentes hídricos, visto que a capacidade de campo não foi suficiente para tal evidências. As deficiências hídricas entre março a junho, foram as menores e as maiores oscilações entre agosto e fevereiro. Estas informações são relevantes para que o produtor rural possa realizar o planejamento da lâmina de irrigação adequada para os cultivos ao longo do ano.

**Tabela 3:** Esboço do Balanço hídrico de 2017-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, para a capacidade de campo de 100 mm.

| Meses | Temperatura média (°C) | Precipitação histórica (mm) | Evapotranspiração (mm) | Evaporação (mm) | Deficiência (mm) | Excedente (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,7 | 22,9 | 143,8 | 22,9 | 120,9 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,5 | 14,6 | 129,7 | 14,6 | 115,1 | 0,0 |
| Março | 26,3 | 89,7 | 137,8 | 89,7 | 48,1 | 0,0 |
| Abril | 25,8 | 64,0 | 123,7 | 64,0 | 59,7 | 0,0 |
| Maio | 24,9 | 74,4 | 111,1 | 74,4 | 36,7 | 0,0 |
| Junho | 24,0 | 44,6 | 93,5 | 44,6 | 48,9 | 0,0 |
| Julho | 23,4 | 39,1 | 88,4 | 39,1 | 49,3 | 0,0 |
| Agosto | 23,8 | 16,7 | 94,8 | 16,7 | 78,2 | 0,0 |
| Setembro | 24,9 | 4,9 | 108,9 | 4,9 | 104,0 | 0,0 |
| Outubro | 26,0 | 1,6 | 132,9 | 1,6 | 131,3 | 0,0 |
| Novembro | 26,7 | 7,6 | 143,1 | 7,6 | 135,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 15,7 | 153,8 | 15,7 | 138,1 | 0,0 |
| Anual | 25,5 | 395,9 | 1461,5 | 395,9 | 1065,6 | 0,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Os índices térmicos fluem de 23,4°C (julho) a 26,8°C janeiro (Tabela 4). As oscilações térmicas entre maio a setembro ocorrem as menores temperaturas e as maiores variações de evapotranspiração e de outubro a abril as maiores flutuações térmicas seguidas das maiores variabilidades da evapotranspiração. Evapotranspirou 371,8% acima do valor pluvial. Estas consequências são condizentes com os valores ressaltados nos estudos de Matos et al, (2019). A estimativa da evapotranspiração é importante para a determinação das aplicações nos sistemas de irrigação, tomada de decisão para gestão da água, análises de seca, estudos ambientais, recursos hídricos, armazenamento e abastecimento humano. (Cadro et al., 2017; Pandey et al., 2016 e Pereira et al., 2015).

Os valores pluviais e da evaporação iguala-se, a capacidade de campo não foi necessária e suficientes para ocasionar excedentes hídricos e reduzir as taxas de deficiências.

**Tabela 4:** Esboço do Balanço hídrico de 2010-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, para a capacidade de Campo de 100 mm.

| Meses | Temperatura média (°C) | Precipitação histórica (mm) | Evapotranspiração (mm) | Evaporação (mm) | Deficiência (mm) | Excedente (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 35,8 | 145,6 | 35,8 | 109,7 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 30,0 | 131,1 | 30,0 | 101,2 | 0,0 |
| Março | 26,3 | 64,6 | 138,9 | 64,6 | 74,3 | 0,0 |
| Abril | 25,9 | 62,8 | 124,2 | 62,8 | 61,5 | 0,0 |
| Maio | 25,1 | 58,1 | 113,2 | 58,1 | 55,0 | 0,0 |
| Junho | 24,0 | 51,5 | 93,7 | 51,5 | 42,3 | 0,0 |
| Julho | 23,4 | 35,7 | 88,3 | 35,7 | 52,5 | 0,0 |
| Agosto | 23,9 | 18,2 | 95,1 | 18,2 | 76,9 | 0,0 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,5 | 4,9 | 104,6 | 0,0 |
| Outubro | 26,1 | 8,1 | 133,4 | 8,1 | 125,3 | 0,0 |
| Novembro | 26,8 | 6,9 | 143,5 | 6,9 | 136,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 19,1 | 154,6 | 19,1 | 135,5 | 0,0 |
| Anual | 25,6 | 395,6 | 1470,9 | 395,6 | 1075,3 | 0,0 |

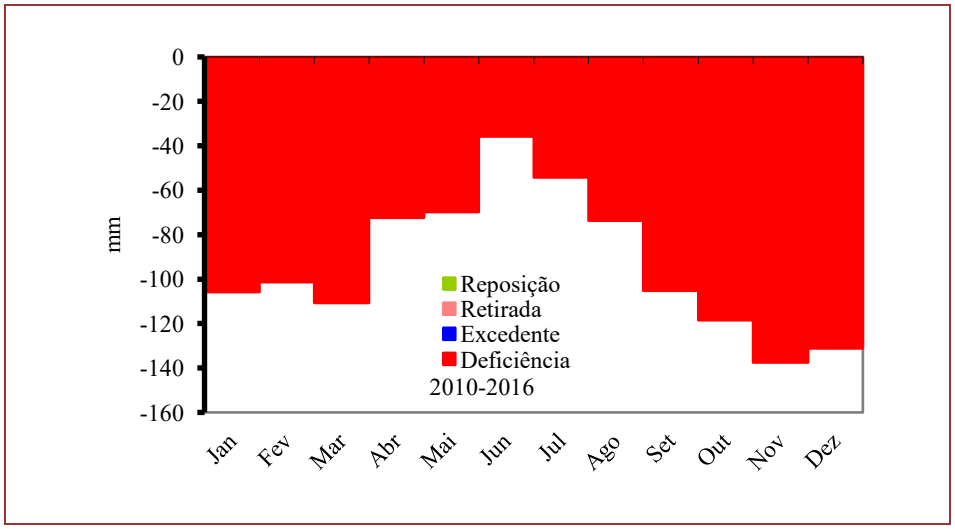
Fonte: Medeiros (2026).

Observar-se que a média da evapotranspiração é superior à média pluvial em todos os meses, estas variabilidades resultam em maiores retiradas de água do solo (evapotranspiração) em relação a reposição das chuvas proporcionando maior deficiência de água no solo, o que justifica a necessidade da irrigação para atender a demanda hídrica das culturas na área estudada.

Os valores evaporativos foram iguais aos pluviais, evapotranspirou superior aos índices pluviais, devido a irregularidades pluviais não ser registrou excedente hídrico, as deficiências hídricas superaram os 1061,5 mm anuais. Estas oscilações foram decorrentes das variabilidades pluviais que não supriram as necessidades dos solos locais, o estudo de Cunha filho et al, (2024); Medeiros et al, (2024), corroboram com as discussões.

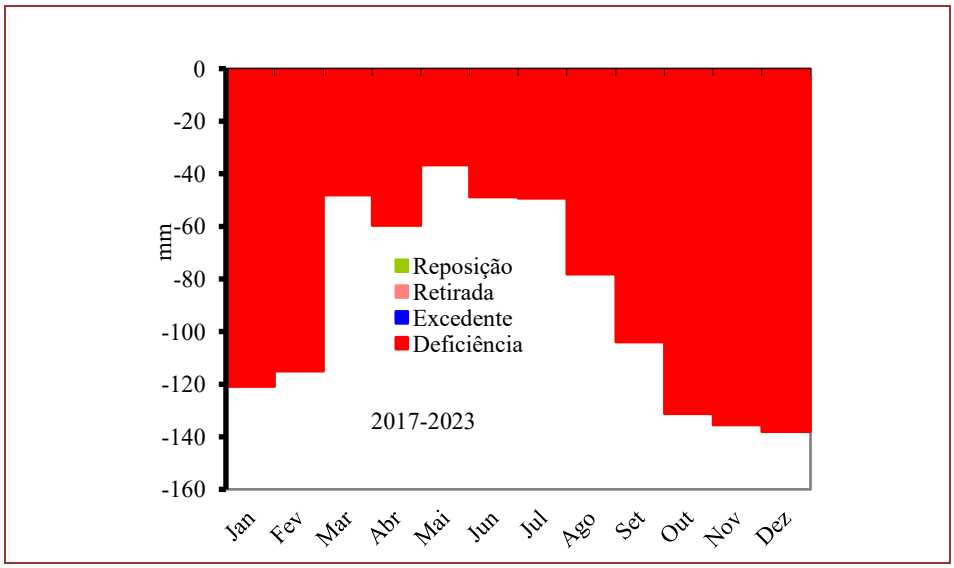
Nas Figura 6, 7 e 8 observam as predominâncias das deficiências hídricas entre 2010-2016; 2017-2023 e 2010-2023 fluindo de extremas a moderada em todos os meses do ano. Estas deficiências foram ocasionadas pela má distribuição e irregularidades pluviais, resultando em maiores retiradas de água do solo, ocasionando altas deficiências hídricas. similaridades vem a corroborar com os resultados e as discussões de (Medeiros 2025; França et al., 2022).

**Figura 6:** Gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2016, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



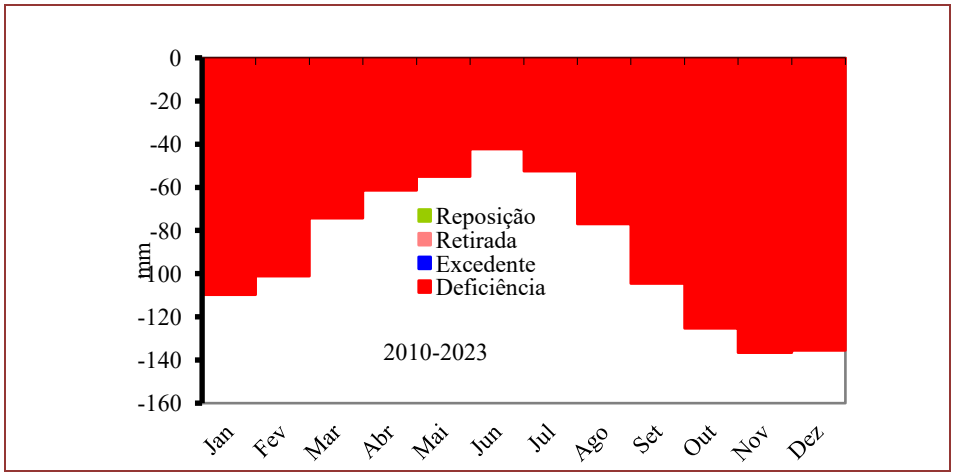

Fonte: Medeiros (2026).

**Figura 7:**- Gráfico do balanço hídrico do período 2017 – 2023, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

**Figura 8:** Gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2023, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

A relação evapotranspiração e precipitação em seus valores anuais evidenciaram que precipita menor que evapotranspiração, consistem no fato do solo reter água. O regime de chuvas, com uma estação seca bem definida, associado à má distribuição das chuvas durante a estação chuvosa e a pobreza de nutrientes dos solos, em geral, exigem alto nível técnico para a produção agrícola, sendo recomendável a adoção de práticas de manejo que visem conservar a água no solo.

O balanço hídrico climatológico demonstra deficiência hídrica de 1116,2 mm/ano (2010-2016); 1065,6 mm/ano (2017-2023) e entre 2010-2023 as deficiências hídricas foi

de 1075,3 mm/ano, nestes intervalos de sete em sete anos e sua climatologia não se registrou excedente hídrico.

Destaca-se que a falta de planejamento hídrico na área em estudo ainda tem muito que ser realizado para a melhoria do armazenamento, abastecimento humano e para a agropecuária.

A evapotranspiração é praticamente quatro vezes o valor da precipitação e a evaporação é igual ao volume precipitado.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2025.

**[2]** ALBURQUERQUE, I.F.; FERREIRA, J.N.; SILVA, M.G.; DIAS, M.F. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de textos, p.280. 2009.

**[3]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; AROVEK, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22(6), 711–728. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

**[4]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

**[5]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, 154-157pp.

**[6]** CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M.V.; LAGES, M.G.M.O.; HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. 2024, P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

**[7]** FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M. Balanço hídrico para diferentes capacidades de campo e a variabilidade erosiva pluvial no munícipio de Amparo de São Francisco – SE, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. eXX, (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409

**[8]** GALVÍNCIO, J.D.; SOUSA, F.A.S.; SRINIVASAN, V.S. Balanço hídrico à superfície da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 11 N.3 JUL/SET 2006, 135-146.

**[9]** IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, PACHAURI, R.K.; MEYER, L.A. (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC, 151p. 2014.

**[10]** IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

**[11]** IPCC - Intergovernmental Painel on Climate Change. Climate Change 2023. Synthesis Report. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Painel on Climate Change

**[12]** IPCC. Climate change 2001: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability. Disponível em:http://www.gride.no/climateipcc_ter/wg2bo5html.

**[13]** IPCC. Intergovernamental Painel on Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernamental Painel on Climate Change. Disponível: GS. 2014.

**[14]** IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, MASSON-DELMOTTE, V.P.; ZHAI, A.; PIRANI, S.L.; CONNORS, C.; PÉAN, S.; BERGER, N.; CAUD, Y.; CHEN, L.; GOLDFARB, M.I.; GOMIS, M.; HUANG, K.; LEITZELL, E.; LONNOY, J.B.R.; MATTHEWS, T.K.; MAYCOCK, T.; WATERFIELD, O.; YELEKÇI, R.; YU, B.; (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p.3–32. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf.

**[15]** IPCC. Summary for Policymakers.In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, H.O. PÖRTNER, D.C.; ROBERTS, E.S.; POLOCZANSKA, K.; MINTENBECK, M.; TIGNOR, A.; ALEGRÍA, M.; CRAIG, S.; LANGSDORF, S.; LÖSCHKE, V.; MÖLLER, A. OKEM (eds.). Cambridge University Press. Disponível: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryVolume.pdf.

**[16]** IPCC. (2023). - Intergovernamental Panel on Climate Change. In Reports. Disponíveis em https://www.ipcc.chreports.

**[17]** MARENGO, J.A. (2008). Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. Parcerias estratégicas, 27, 149-175.

**[18]** KÖPPEN, W, (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[19]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R, (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

**[20]** MEDEIROS, R.M. Elaboração do balanço hídrico em planilha eletrônica em conformidade com Thornthwaite e Mather (1948, 1955). 2014.

**[21]** MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o estado da Paraíba. 120p. 2013. Edições avulsas.

**[22]** REBOUÇAS, A.C. Águas doces no mundo e no Brasil. In: Águas doces do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. Org. Rebouças, Aldo da C. Braga, Benedito. Tundisi, José Galizia. 3° ed. Editora Escrituras. São Paulo. p. 01-35. 2006.

**[23]** SOUZA FILHO, F.A.; MOURA, A.D. Memórias do Seminário Natureza e Sociedade nos Semi-Áridos. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, p.332, 2006.

**[24]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

**[25]** THORNTHWAITE, C.W. The climates of North America according to a new classification. The Geographical Review, v. 21, p. 633-655, 1931.

**[26]** THORNTHWAITE, C.W. The climates of the earth. The Geographical Review, v. 23, p. 433-440, 1933.

**[27]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.

# Capítulo 12

## Ribeira de cabaceiras e suas variações climáticas em desempenho ao armazenamento de água no solo

*Cristiano José da Silva*
*Romildo Morant de Holanda*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*

**Resumo:** As variações climáticas de uma região ou microrregião são determinantes na escolha das atividades agrícolas, agropecuário, pecuária, industrial e energético desenvolvidas e do tipo de manejo a ser estabelecido. A capacidade de água disponível (CAD), fator determinante no desenvolvimento vegetal, está diretamente relacionada à precipitação e à capacidade de armazenamento de água no solo. Realizou-se o Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite et al, (1955) para o povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba a partir de solos com diferentes capacidades de retenção de água, visando averiguar a influência do armazenamento de água no solo. Não foram registrados excedentes hídricos nas CAD estudadas pois as chuvas registradas não foram suficientes para suprir as capacidades de campo. Para condições climáticas do Povoado Ribeira de Cabaceiras solos com CAD maior e menor não proporcionam perdas de água, e nem aperfeiçoa seu aproveitamento pelas culturas.

**Palavras-chave:** Capacidade de armazenamento de água; Classificação climática e Evapotranspiração.

## INTRODUÇÃO

Caetano et al, (2019) asseguram que não somente os conhecimentos sobre a distribuição da pluviometria adquiridas no Balanço Hídrico (BH) são importantes para uma região. Tem-se que se levar em consideração, a informação da probabilidade de ocorrência de eventos extremos, como precipitações máximas diárias e mensais, as quais vem ocasionando problemas em áreas agrícolas, pecuárias e urbanas (SABOYA et al., 2022).

A estimativa do BH pelo método de Thornthwaite et al, (1955), permite a realização do monitoramento d'água no solo, é um método aplicado como instrumento de planejamento estratégico agropecuário, pecuário, industrial, ambiental e lazer no âmbito de gerenciamento dos recursos hídricos (Passos 2017).

Para Silva et al., (2017) o acréscimo populacional, coligado à extensão dos setores agropecuário, industrial e energético, vem alterando o crescimento constante e considerável de demanda mundial por água, tornando este recurso mais escasso.

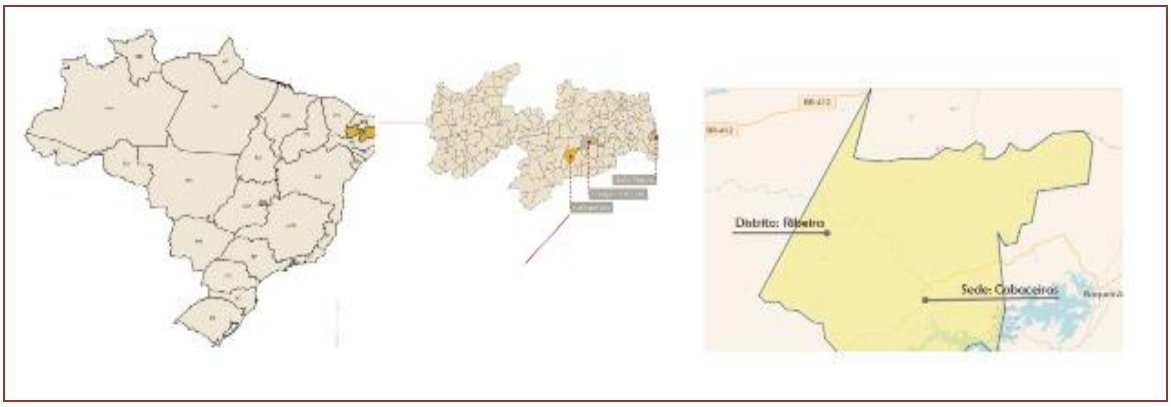
Passos et al, (2016) relataram que a cidade de Chapadinha - MA o período de reposição de água no solo ocorre nos meses de janeiro e fevereiro, embora não significativos, no mês de dezembro ocorrem chuvas de pré-estação e são mais elevadas na região, o que diminui o déficit hídrico e contribui para reposição da água no solo.

Realizou-se o Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba a partir de solos com diferentes capacidades de retenção de água, visando averiguar a influência do armazenamento de água no solo.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira está localizado na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1), o povoado limita-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). Posicionado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima  e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano Medeiros (2024).

O povoado Ribeira de Cabaceiras insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No município situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa ou comumente conhecido como o açude de Boqueirão (AESA 2025).

Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista). Os dados térmicos ($^{o}$C) foram gerados pelo software Estima – T disponível na página da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) entre o período de 2010-2023.

Para o cálculo do balanço hídrico (BH) interanual utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BHC.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

No Brasil, em algumas regiões, fatores como, baixo índice pluviométrico, irregularidade do regime, temperaturas elevadas, baixas capacidades de armazenamento de água no solo, entre outros, contribuem para a redução da disponibilidade hídrica (ANA 2019).

As condições climáticas influenciam diretamente nas atividades humanas, seja na produção agrícola, agropecuário, industrial e energético e principalmente no sistema econômico, assim como no bem-estar da população e nas suas relações sociais. Portanto, o ser humano é dependente das condições que o clima lhe impõe e, está sujeito as suas alterações, sejam elas positivas ou negativas

As flutuações dos elementos do BH com a CAD de 25 mm (Tabela 1) ocorreram temperatura de25,6°C, pluviometria de 382,9 mm sendo igual ao vapor evaporado, evapotranspirou 1473,7 mm, sua evapotranspiração anual foi de 25,6% acima da pluviometria. Registrou-se DEF de 1090,8 mm e sem ocorrência de excedente ocasionada pela má distribuição pluvial e os auxílios dos efeitos locais e regionais conforme salienta França et al (2022).

**Tabela 1:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 25 mm) no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

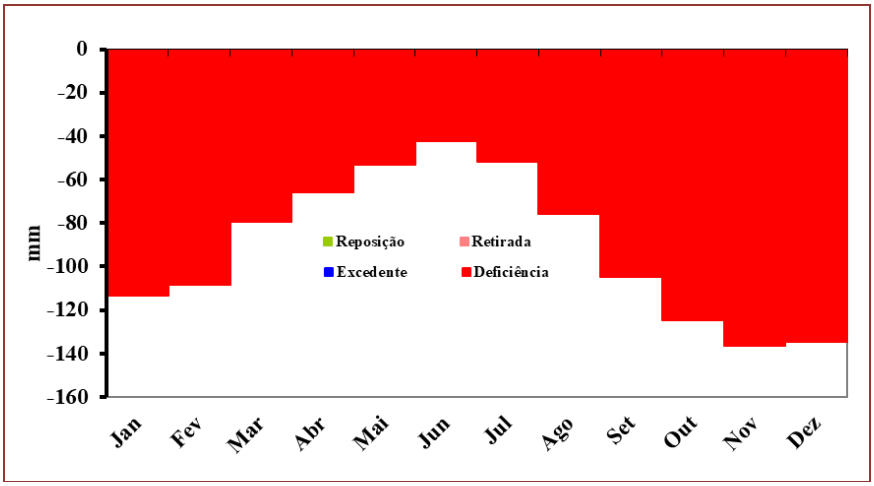
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,6 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,1 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,9 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,5 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,2 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,51 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,47 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,15 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Para a capacidade de água disponível no solo (CAD 25 mm) (Figura 2) compreendido entre 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceira foram registradas deficiências hídricas forte a moderada ocasionada pelos sistemas de bloqueios, má distribuição pluvial, onde os índices pluviais não repuseram a capacidade do solo. Similaridade nas discussões podem ser revistas no estudo de Medeiros (2019).

**Figura 2:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 25 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

O resultado do balanço hídrico com CAD 50 mm (Tabela 2) no Povoado Ribeira de cabaceira registra índices pluvial igual aos evaporativos, evapotranspiração de 1473,7 mm com 25,98 evapotranspiradas do total pluviométrico, a CAD 50 não foi suficiente para ocasionar e/ou registrar excedentes hídricos, as deficiências registradas foram de 1090,8 mm e sua temperatura anual de 25,6°C. Estas variabilidades climáticas estão interligadas

aos sistemas de meso e microescala que foram bloqueados pelos sistemas de alta pressão, ocasionado movimentos verticais descendentes, com redução de umidade e cobertura de nuvens, os resultados e discussões apresentadas nos estudos de Medeiros (2019) e França et al (2022) registram similaridades.

**Tabela 2:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 50 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

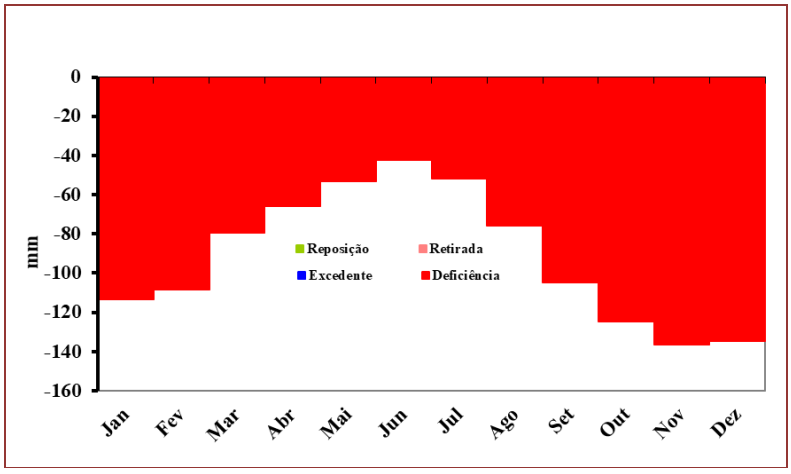
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,40 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,80 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

A CAD de 50 mm (Figura 3) não ocasionou disponibilidade d'água para o solo e gerou deficiências hídricas forte a moderada nos meses em estudo, Similaridade nas discussões podem ser revistas no estudo de Medeiros (2019).

**Figura 3:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 50 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Para Mendonça et al, (2007) a variação temporal pluvial, pode ser apurada a longo prazo, nas escalas mensal, decenal, interanual e sazonal, sendo fundadas relações entre estações secas e chuvosas, anos secos e chuvosos, muito seco e muito chuvoso etc., e as de curto prazo, como variações diárias, caracterizando, de tal modo, dias com chuvas e/ou dias sem chuva. Nas regiões tropicais, há uma concentração das chuvas entre as estações de primavera-verão, e estação seca pronunciada durante o inverno.

As variabilidades climáticas ocorridas no BH para a CAD 75 mm no Povoado Ribeira de Cabaceiras (Tabela 3) foram ocasionadas pelos sistemas de pressões, as variabilidades da umidade do ar, baixa formação de nuvens e a atuação dos movimentos convectivos descendentes com maior intensidade reduzindo as cotas pluviais, para Marengo et al (2011) estas flutuabilidades são padrões sobre o nordeste do brasileiro, quando das atividades dos fenômenos adversos de grande escala.

**Tabela 3:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 75 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

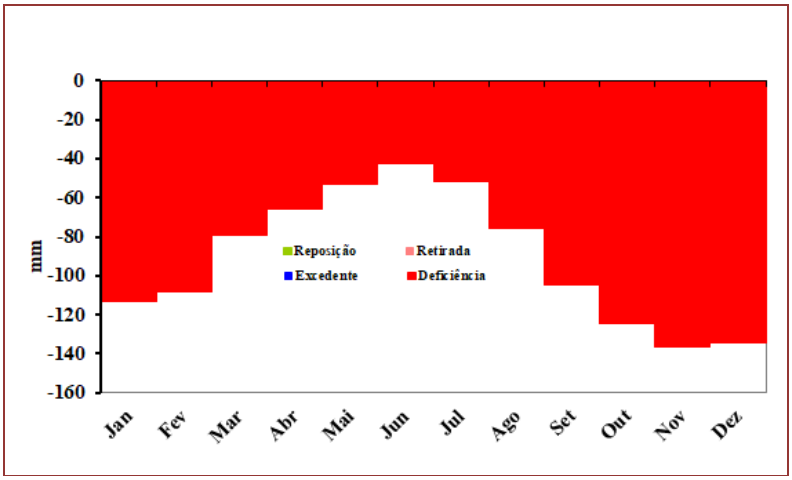
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

A CAD de 75 mm (Figura 4) no Povoado Ribeira de cabaceira registrou deficiências hídricas moderadas a forte em todos os meses, ocasionada pela ausência dos fatores pluviais que não foram necessários para suprir a capacidade de campo. O trabalho de Medeiros (2018); França et al (2022) tem similaridades com as discussões.

**Figura 4:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 75 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A CAD de 100 mm (Tabela 4) foram insuficientes para ocasionar EXC, e reduzir os poderes evaporativos e evapotranspirativos (Tabela 4), estudos similares como o de França et al, (2022) confirmam os resultados. Deste modo, o amplo espectro das variações, que ocorrem no espaço (meso e microescala, local, regional, continental e global) e nas escalas de tempo, como, diária, semanal, mensal, anual, decadal e secular, são características intrínsecas e marcantes do clima.

**Tabela 4:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

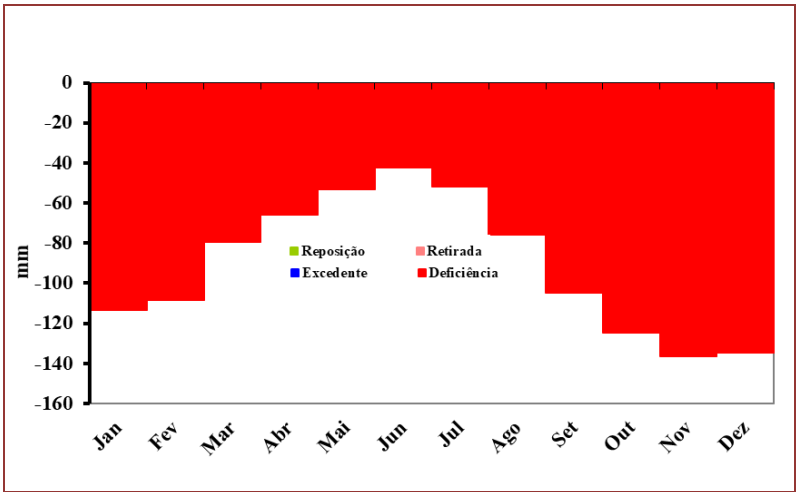
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Com chuvas abaixo da normalidade e má distribuída para a CAD 100 mm no Povoado Ribeira de cabaceira (Figura 5) observam-se predominância das deficiências hídricas em todos os meses, ocasionada pela má distribuição pluvial que não superou as necessidades do solo. Resultados similares foram encontrados por Silva et al (2017).

**Figura 5:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

França et al (2020) avaliaram as condições hídricas e da sua variabilidade da capacidade de campo (CAD) propendendo entender as flutuações através do computo do BH. Na Tabela 5, os índices pluviais estudados deverão ocasionar mais incidências nas variações climáticas e na capacidade de campo, onde se esperam chuvas de intensidades fortes com grandes magnitudes, amplitude e em curto intervalo de tempo. Os resultados indicam situações críticas das condições do solo estudado, o que poderá ocasionar grandes impactos nos recursos hídricos e na prática de cultura de sequeiro.

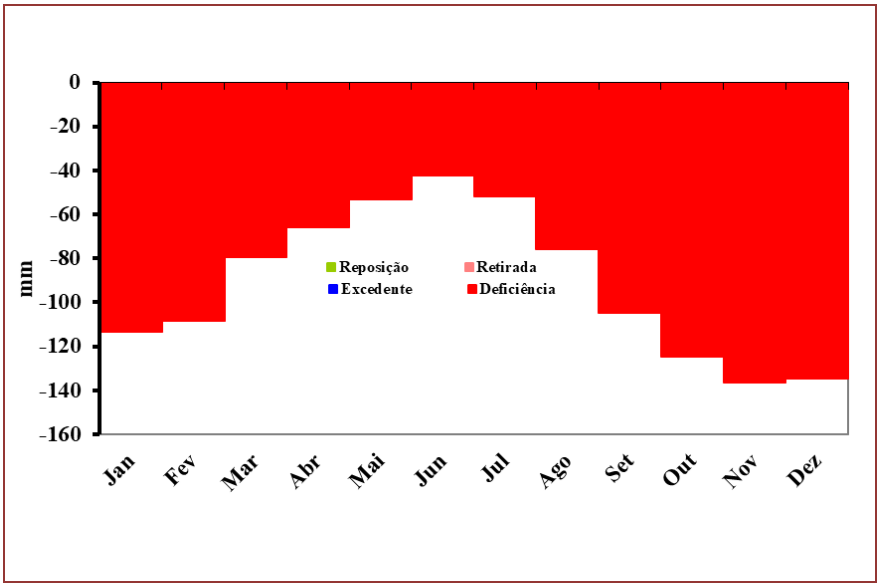
**Tabela 5:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 125 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).
Fonte: Medeiros (2026).

Com capacidade de água disponível no solo CAD 125 mm, (Figura 6) registra-se deficiências hídricas moderadas a forte em todos os meses do ano, isto decorreu da intensidade das chuvas que não foram necessárias e suficientes para suprir as necessidades do solo, resultados similares foram detectados por Silva et al (2017).

**Figura 6:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 125 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As chuvas registradas foram iguais aos valores evaporativo, ou seja, tudo que choveu evaporou instantaneamente, evapotranspirou 25,98% acima do valor total pluvial e suas variações mensais podem ser vista na coluna da Tabela 6 (Prec/ETP(%). Não se registrou-se excedentes hídricos porque a CAD 150 não foi suficiente para suprir as necessidades do solo.

As deficiências hídricas totalizaram 1090,8 mm e suas oscilações mensais fluíram de 42,3 mm (junho) a 136,5 mm (novembro). Os estudos dos autores Araújo et al (2021); Passos et al (2016), corroboram com as discussões.

**Tabela 6:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 150 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

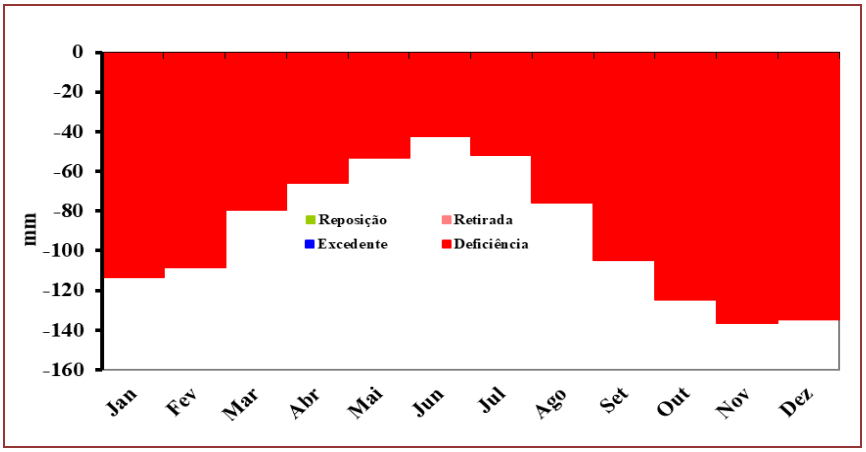
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,40 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,80 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Com capacidade de água disponível no solo (CAD 150 mm) (Figura 7) nos revela que as chuvas registradas não foram necessárias e suficientes para o abastecimento do solo o qual ocasionou deficiências hídricas moderadas a forte durante o período estudada. Tal variabilidade tem similaridade de resultados por Araújo et al (2021); Passos et al (2016).

**Figura 7:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 150 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Os índices pluviais nos mostram que durante o ano suas variações foram instáveis e irregulares. Os meses que ocorrem as maiores quantidades de chuvas são abril e maio e o de menores pluviometria setembro e novembro as precipitações registradas foram insignificantes para a agricultura, armazenagem e represamento de água no solo e açudes, a precipitação média anual foi 382,9mm/ano. Não se registrou excedente hídrico e as deficiências hídricas predominaram o ano inteiro, os poderes evapotranspirativos foram superiores aos índices pluviais e o evaporativo igualou-se aos das chuvas as duas últimas colunas nos forneces os percentuais mensais evapotranspiradas e evaporado sobre o índice de chuva.

**Tabela 7:** Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 175 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

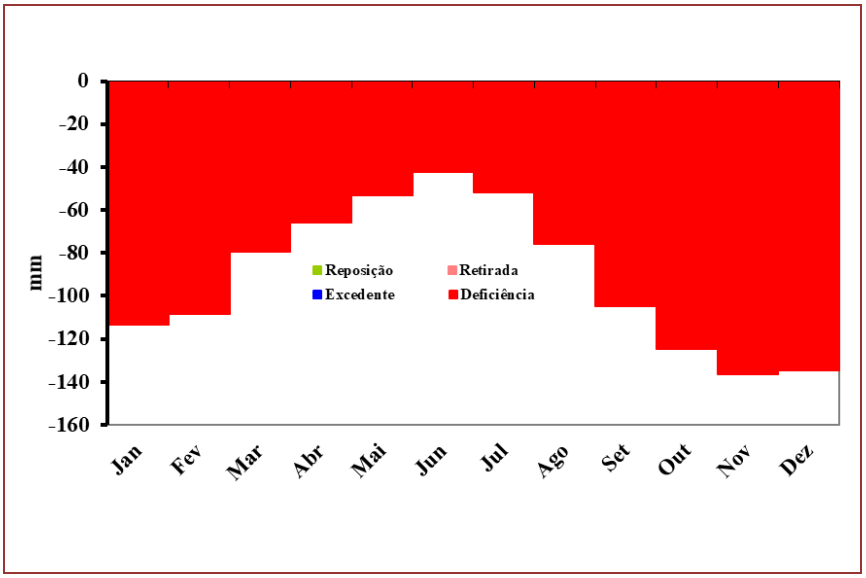
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 8 observam-se a representação gráfica do Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 175 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba o qual apresentam em seus resultados deficiências hídricas moderadas a forte o ano inteiro. Os resultados por Araújo et al (2021); Passos et al (2016) são similares.

**Figura 8:** Representação gráfica Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 175 mm) no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

Não foram registrados excedentes hídricos nas CAD estudadas pois as chuvas registradas não foram suficientes para suprir as capacidades de campo.

Para condições climáticas do Povoado Ribeira de Cabaceiras solos com CAD maior e menor não proporcionam perdas de água, e nem aperfeiçoa seu aproveitamento pelas culturas.

Constatou-se que a capacidade de armazenamento de água no solo não influencia decisivamente nas condições hídricas anuais do povoado, entretanto, solos com maior capacidade de armazenamento podem minimizar as condições climáticas e assegurar condições hídricas de solo um pouco mais favoráveis à exploração radicular.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2024.

**[2]** ANA –Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual. Brasília.

**[3]** ARAÚJO, W.R.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; FRANÇA, M.V.; ROLIM NETO. F.C.; (2021). Variabilidade interanual do balanço hídrico em Lagoa Seca, Paraíba – Brasil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar ISSN 2675-6218

**[4]** ARRAES, F.D.D.; LOPES, F.B.; SOUZA, F.; OLIVEIRA, J.B. Estimativa do Balanço Hídrico para as condições climáticas Iguatu, Ceará, usando Modelo Estocástico. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. Fortaleza, v.3, n.2, p.78–87, 2009.

**[5]** CAETANO, A.L.; BARBOSA, F.S. (2019). Probabilidade de ocorrência de chuvas extremas para a região de Inconfidentes –MG. Revista Brasileira de Climatologia,25(1),537-548

**[6]** FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M. Balanço hídrico para diferentes capacidades de campo e a variabilidade erosiva pluvial no munícipio de Amparo de São Francisco – SE, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. eXX, (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409

**[7]** MARIANO, E.B.; MEDEIROS, R. Mainar; TAVARES, A.L. Variação climática do município de Cabaceiras - PB em desempenho ao Armazenamento de Água no Solo. XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Gramado, RS, 23 a 28 de setembro de 2012, Anais CDROM.

**[8]** LIMA, F.B.; SANTOS, G.O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

**[9]** MENDONÇA, F.A.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

**[10]** PASSOS, M.L.V.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R.S. (2016). Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha -MA. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada,10(4), 758-766.

**[11]** PASSOS, M.L.V.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R.S. (2017). Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas -MA. Revista Scientia Agraria,18(1), 83-89

**[12]** SABOYA, L.M.F.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V.; ARAÚJO, W. R.; CUNHA FILHO, M. (2022). Probabilidade de chuvas em Bom Jesus -Piauí, Brasil. Research, Society and Development,11(3), e32411326609.

**[13]** SILVA, S.N.; LOPES, F.G.; ANDRADE, F.E.; FERREIRA, C.B.; DANTAS, M.C.A.M.; SIQUEIRA, E.C. (2017). Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável,

**[14]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

**[15]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

# Capítulo 13

## Sustentabilidade ambiental utilizando-se de Subsídio do balanço hídrico do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

*Cristiano José da Silva*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Romildo Morant de Holanda*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*

**Resumo:** O objetivo é caracterizar a variabilidade dos elementos climáticos e verificar as oscilações do balanço hídrico nos períodos 2010-2016; 2017-2023 e das médias 2010-2016 e 2017-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras e com isso constatar possíveis indícios de mudanças climáticas que possam ter ocorrido no período estudado. Os dados pluviais e térmicos mensais foram agrupados entre 2010-2016; 2017-2023 e as médias dos dois períodos, onde se realizou o Balanço Hídrico. Utilizou-se das series de dados 2010-2023 onde se realizou a análise dos indicativos de mudanças climáticas no povoado Ribeira de Cabaceiras. A metodologia utilizada por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1955) se mostraram aceitável, onde podem ser empregues para a realização de planejamento, projeto e realizar monitoramento e preservação das gestões dos recursos hídricos e dos recursos naturais além de monitorar a capacidade do ambiente recuperar-se dos danos causados pela urbanização rural e urbana. Na análise dos dados, observa-se acréscimo dos déficits hídricos e a não presença dos excedentes. Este fato deve-se a impermeabilidade do solo, pelas pavimentações, ocasionado a redução na infiltração de águas das chuvas, redução da umidade, modificações nos fluxos de ventos e a destruição da vegetação por arborização invasoras, gerando mudanças no clima através das alterações em sua superfície.

**Palavras-chave:** Balanço hídrico; Variabilidade pluvial e térmica; Excedente e Déficit hídrico.

## INTRODUÇÃO

Pereira et al (1997) mostrarem que o balanço hídrico (BH), desenvolvido por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al (1955) é um instrumento empregado para se realizar e monitorar as oscilações do armazenamento de água no solo (CAD). Através da contabilização do suprimento natural pela chuva, e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração, o BH fornece estimativas da evapotranspiração, deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), sendo possível sua realização por meio das escalas diárias até a mensal.

O BH é a principal avaliação de uma determinada região, onde se decide obter a contabilização d'água de uma certa camada do solo onde se define os períodos secos (DEF) e úmidos (EXC) (Reichardt, 1990), assim, identificando as áreas onde as culturas agrícolas, pecuária, indústria, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos, podendo ser explorada com maior eficácia (Barreto et al., 2009).

Giulio et al., (2019) mostrou que o panorama de mudanças climáticas é a grande demanda crescente do monopólio terrestre se introduz a necessidade da inclusão dos conhecimentos dos fenômenos extremos, de chuvas intensas e de secas prolongadas, pois a população sente diretamente seus impactos, pela carência d'água, inundações, poluição, enchentes, deslizamentos e cheias.

Mendonça, (2007) afirmou que as demandas ambientais ligadas direta e/ou indiretamente ao clima corroboram com a intensa vulnerabilidade da sociedade em relação aos fenômenos da natureza e seus impactos.

As ocorrências das mudanças climáticas ocasionadas por razões naturais são, regra geral, lentas, acontecendo na escala de milhares de anos, uma vez que, as alterações causadas pela ação antrópica mostrar-se em poucas décadas. A analogia entre o clima e a organização do espaço vai depender do grau de desenvolvimento econômico e tecnológico de cada sociedade, em particular, e quais seus atributos climáticos são relevantes para cada região ou local. (Casseti, 1994).

Para Marengo (2011) mais uma problemática aguardadas são as diminuições dos índices pluviais que poderão atingir até 60% dos valores mensais, sendo assim, os reservatórios de águas ficarão obsoletos restringindo mais ainda as quantidades de água potável para a sobrevivência humana e animal, assim como, ocorreram mudanças da fauna e flora.

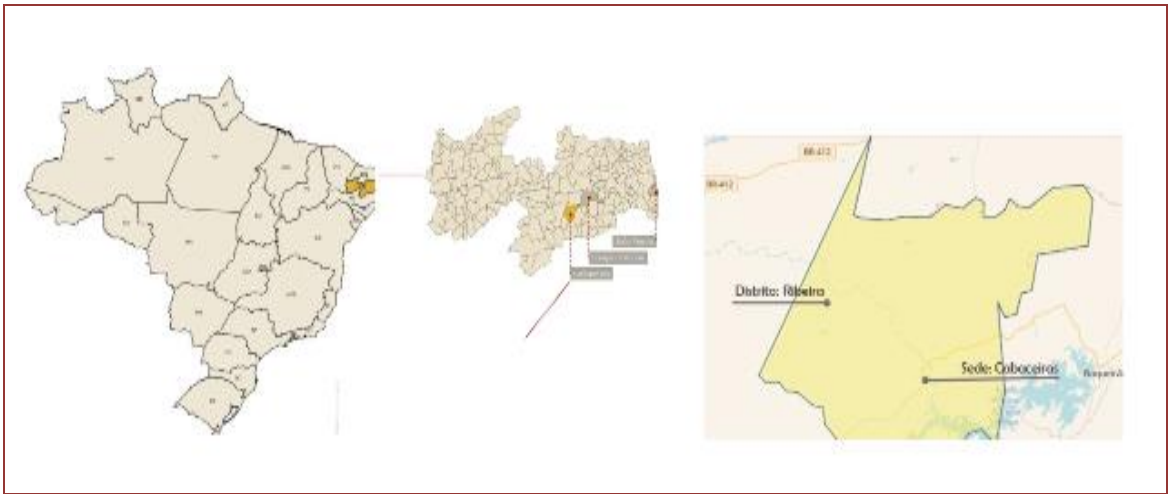
França et al, (2021) estimaram o balanço hídrico para Bom Jesus Piauí, visando gerar e disponibilizar subsídios para novos projetos e planejamento agrícola regional. Estimaram o BH gerando os gráficos de precipitação, evapotranspiração, evaporação, temperatura, deficiência e excedente hídrico. Detectaram que no setor agrícola ocorrem riscos de maiores estresses com a ampliação da evapotranspiração e da evaporação. Não está descartada a recorrência do uso de água irrigada. Esses resultados podem ser utilizados para o planejamento e elaboração de atividades agrícolas, fornecendo subsídios aos produtores regionais, locais e aos tomadores de decisão governamentais.

O objetivo é caracterizar a variabilidade dos elementos climáticos e verificar as oscilações do balanço hídrico nos períodos 2010-2016; 2017-2023 e de suas médias 2010-2016 e 2017-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras e com isso constatar possíveis indícios de mudanças climáticas que possam ter ocorrido no período estudado.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras encontra-se na Microrregião Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema e na área mais baixa do Planalto da Borborema, (Figura 1) limitando-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Tem coordenadas geográficas de 7º43'S e 36º36' a oeste de Greenwich, com 391 metros de altitude (AESA 2025) (Figura 1).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira na Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, onde seu clima e influenciado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, umidade e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca (Medeiros 2024). A classificação climática é do tipo BSH pelo método de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), segundo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo estudado.

Os dados pluviométricos correspondem aos anos 2010-2023 onde, usuram da estatística básica, para se obter os elementos estatísticos, plotando os seus respectivos gráficos e tendências. As temperaturas trabalhadas foram estimadas pelo software estima_T, (Cavalcanti et al, 1994; Cavalcanti et al, 2006).

O clima do Povoado Ribeira de Cabaceiras é caracterizado por forte sazonalidade, definido em dois momentos distinto altamente definido de março a agosto com 82% das chuvas ocorridas anualmente e de setembro a fevereiro com 18% do seu total anual de

chuva, ocasionado pelas baixas ocorrências pluvial, umidade e cobertura de nuvens e altos poderes evaporativos e evapotranspirativos.

A vegetação nativa está perdendo espaço para as algarobas (planta invasora) pois é a vegetação predominante na área estudas além do solo que se encontram alterados devido aos impactos ambientais decorrentes da urbanização e arborização.

Os dados pluviais e térmicos mensais foram agrupados entre 2010-2016; 2017-2023 e as médias dos dois períodos, onde se realizou o Balanço Hídrico. Utilizou-se dos dados das séries calculadas do Balanço Hídrico Climático, para realizar sua classificação climática e na análise de indicativos de mudanças climáticas no povoado Ribeira de Cabaceiras. Utilizou-se do BH desenvolvidos por Medeiros (2018).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

O diagnóstico do balanço hídrico é um dos embasamentos para se conhecer os efeitos antrópicos sobre o meio natural, disponibilidade hídrica e sustentabilidade ambiental, no processo de planejamento urbano, questões ambientais são importantes, pois ajuda na preservação dos recursos naturais e na recuperação ambiental ocasionados pelos danos causados pela urbanização, além de proporcionar um bem-estar à população.

Na Tabela 1 tem-se os resultados do Balanço hídrico de 2010-2016 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para CADD de 100 mm. Os valores anuais registraram: 25,6°C; os valores pluviais e evaporativos foram de 369,9 mm; o poder evapotranspirativo (1486,1 mm) superou os índices pluviais em quatros vezes acima. As deficiências hídricas registradas foram de 1116,2 mm, não ocorreu excedente hídricos.

Estas variabilidades nos elementos do BH de 2010-2016 foram ocasionadas pelas oscilações atmosférica atuando como bloqueio, má distribuição pluvial, baixa cobertura de nuvens, alta incidência solar, estas variabilidades têm similaridades com os estudos de Medeiros (2018); Araújo et al, (2021).

**Tabela 1:** Balanço hídrico de 2010-2016 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para CAD de 100 mm.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,9 | 42,6 | 148,3 | 42,6 | 105,8 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,7 | 31,7 | 133,0 | 31,7 | 101,4 | 0,0 |
| Março | 26,4 | 29,6 | 140,4 | 29,6 | 110,8 | 0,0 |
| Abril | 26,0 | 53,3 | 125,7 | 53,3 | 72,3 | 0,0 |
| Maio | 25,2 | 44,6 | 114,4 | 44,6 | 69,8 | 0,0 |
| Junho | 24,1 | 58,8 | 94,5 | 58,8 | 35,8 | 0,0 |
| Julho | 23,5 | 34,5 | 88,8 | 34,5 | 54,3 | 0,0 |
| Agosto | 23,9 | 21,9 | 95,6 | 21,9 | 73,7 | 0,0 |
| Setembro | 25,1 | 5,0 | 110,3 | 5,0 | 105,3 | 0,0 |
| Outubro | 26,1 | 15,7 | 134,1 | 15,7 | 118,4 | 0,0 |
| Novembro | 26,8 | 7,2 | 144,8 | 7,2 | 137,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,1 | 25,0 | 156,1 | 25,0 | 131,2 | 0,0 |
| Ano | 25,6 | 369,9 | 1486,1 | 369,9 | 1116,2 | 0,0 |

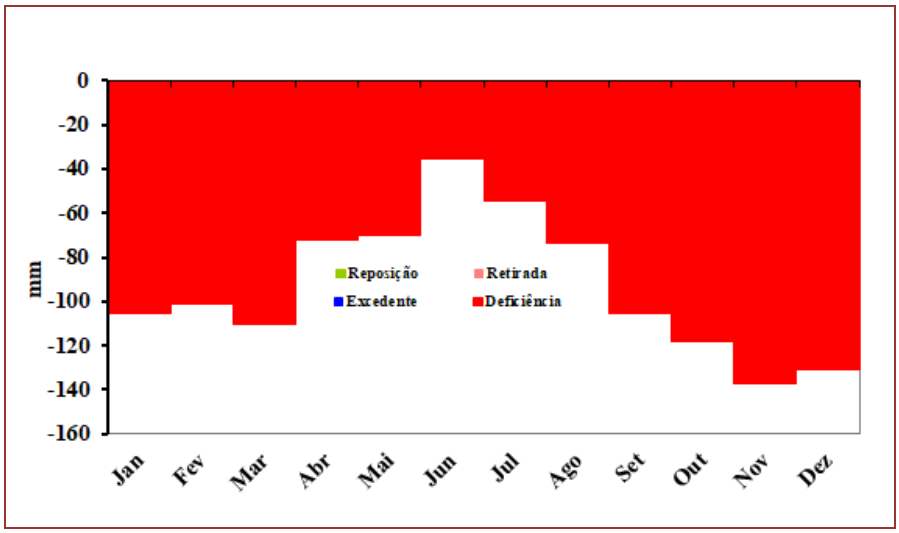
Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

No geral as oscilações entre excedente e deficiências hídricas estudadas, observar irregularidade entre máximos e mínimos mostrando que as chuvas são temporãmente ocasionadas por fenômenos adversos. As precipitações médias anuais de cada período foram de 369,9 mm; 395,9 mm e 382,9 mm respectivamente, ocasionadas pelos sistemas provocadores e/ou exibidores de chuvas na região.

Na Figura 2 para o período 2010-2016 registra-se deficiências hídricas forte a moderada, ocasionada pela distribuição pluvial irregular e pela capacidade de armazenamento de campo de 100 mm que não supriu as necessidades de água no solo, o estudo de Araújo et al (2021) tem similaridade com o resultado.

**Figura 2:** Gráfico do balanço hídrico de 2010-2016 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.




Fonte: Medeiros (2026).

Com chuvas irregulares e má distribuídas entre o período de 2017-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras para a CAD de 100 mm (Tabela 2) choveu neste período 395,9 mm. Registrou-se aumento de 1,1% em relação ao período anterior. Evaporou 395,9 mm igual ao índice pluvial. A temperatura anual registradas foi 25,6°C, em relação ao período anterior ocorrem 0,1°C de redução. A ETP registradas foi de 1461,5 mm, evapotranspirado em volta de 4 vezes o valor pluvial. O excedente hídrico não aconteceu visto que a CAD 100 mm não preencheu as necessidades do solo, isto está interligados aos sistemas de meso e microescala que foram insuficientes na contribuição das chuvas regional e local. As deficiências hídricas foram acima da normalidade do período, estas deficiências ocorreram devido a irregularidade pluvial. O estudo de Araújo et al, (2021) registra similaridades nas discussões.

**Tabela 2:** Balanço hídrico de 2017-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.

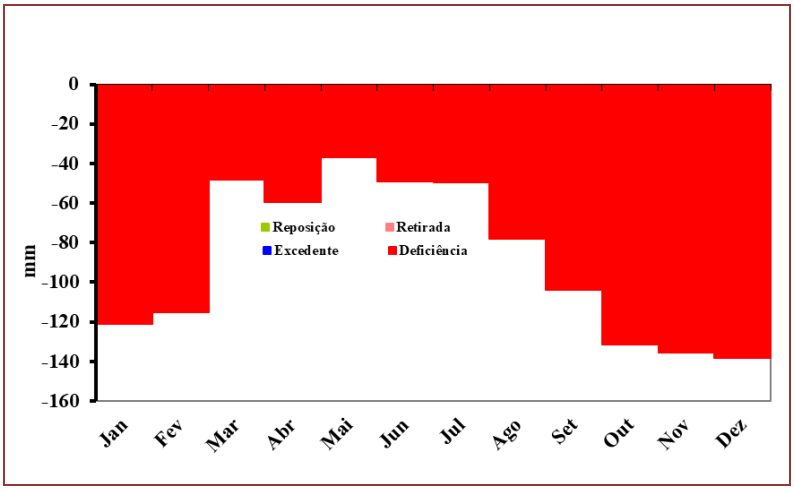
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,7 | 22,9 | 143,8 | 22,9 | 120,9 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,5 | 14,6 | 129,7 | 14,6 | 115,1 | 0,0 |
| Março | 26,3 | 89,7 | 137,8 | 89,7 | 48,1 | 0,0 |
| Abril | 25,8 | 64,0 | 123,7 | 64,0 | 59,7 | 0,0 |
| Maio | 24,9 | 74,4 | 111,1 | 74,4 | 36,7 | 0,0 |
| Junho | 24,0 | 44,6 | 93,5 | 44,6 | 48,9 | 0,0 |
| Julho | 23,4 | 39,1 | 88,4 | 39,1 | 49,3 | 0,0 |
| Agosto | 23,8 | 16,7 | 94,8 | 16,7 | 78,2 | 0,0 |
| Setembro | 24,9 | 4,9 | 108,9 | 4,9 | 104,0 | 0,0 |
| Outubro | 26,0 | 1,6 | 132,9 | 1,6 | 131,3 | 0,0 |
| Novembro | 26,7 | 7,6 | 143,1 | 7,6 | 135,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 15,7 | 153,8 | 15,7 | 138,1 | 0,0 |
| Ano | 25,5 | 395,9 | 1461,5 | 395,9 | 1065,6 | 0,0 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Com deficiências hídricas moderada a fortes entre 2017-2023 (Figura 3), para CAD de 100 mm., foram ocasionadas pela distribuição irregular e pela falta de auxílios dos sistemas de meso, microescala e dos efeitos local e regional, os estudos de Araújo et al, (2021) e França et al, (2020) corroboram com as discussões.

**Figura 3:** Gráfico do balanço hídrico de 2017-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 3 correspondentes ao Balanço hídrico médio dos períodos 2010-2016 e de 2017-2023 para a área estudada com a CAD de 100 mm as variabilidades meteorológicas registadas não diferenciaram muitos do estudo dos períodos, onde se registraram temperatura de 25,6°C, os índices pluviais e evaporativos foram iguais com 382,9 mm, a evapotranspiração e as deficiências hídricas foram respectivamente de 1473,7 mm e 1090,9 mm, não ocorreram excedentes hídricos.

As chuvas não foram necessárias para supri as deficiências do solo e super a capacidade de campo, similaridades de resultados e discussões podem serem vistos nos estudos de Araújo et al, (2021) e França et al, (2020)

**Tabela 3:** Balanço hídrico médio do período 2010-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.

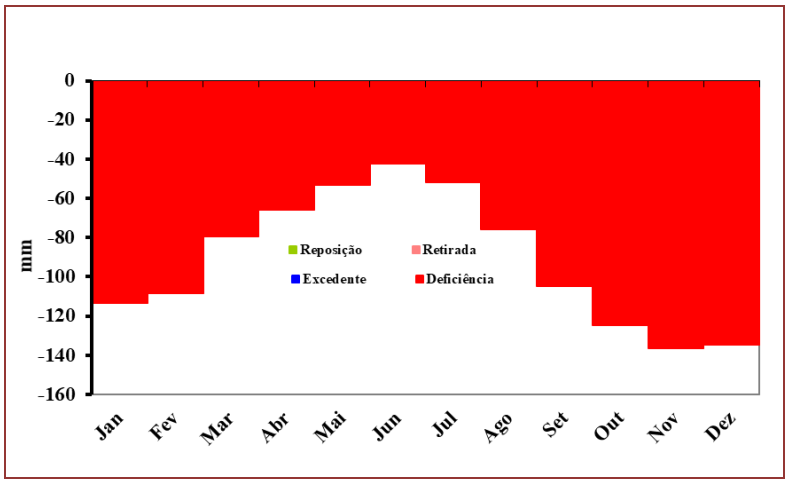
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 4 – observam-se o gráfico do balanço hídrico médio de 2010-2023 para a área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba com a CAD de 100 mm. No período em estudo tem-se deficiências hídricas moderada a forte ocasionada pela ausência de chuvas que não foram necessárias para suprir o valor da CAD, o estudo de França et al, (2020) e França et al, (2022) corroboram com as discussões.

**Figura 4:** Gráfico do balanço hídrico de 2010-2023 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 4 têm-se as variabilidades dos resultados dos índices: umidade, aridez e hídricos da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.

O índice de aridez apresenta uma pequena variabilidade de redução para as séries estudadas, o índice de umidade foi o que registrou maiores discrepâncias entre as séries, uma hipótese que pode ser levantada em consideração é que este indicativo climático pode estar direta e/ou indiretamente ligado ao processo de degradação ambiental e urbanização, já que foi observado acréscimo no índice hídrico da primeira série.

**Tabela 4:** Representações dos Índices: umidade, aridez e hídricos da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para a CAD de 100 mm.

| Anos | Índice umidade | Índice aridez | Índice hídrico |
|---|---|---|---|
| 2010-2016 | 75,11 | 0,75 | -0,45 |
| 2017-2023 | 72,91 | 0,73 | -0,44 |
| Médio dos períodos | 74,02 | 0,74 | -0,44 |

Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

A metodologia utilizada por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1955) se mostraram aceitável, onde podem ser empregues para a realização de planejamento, projeto e realizar monitoramento e preservação das gestões dos recursos hídricos e naturais além de monitorar a capacidade do ambiente recuperar-se dos danos causados pela urbanização rural e urbana.

Na análise dos dados, observa-se acréscimo dos déficits hídricos e a não presença dos excedentes. Este fato deve-se a impermeabilidade do solo, pelas pavimentações, ocasionado a redução na infiltração de águas das chuvas, redução da umidade, modificações nos fluxos de ventos e a destruição da vegetação por arborização invasoras, gerando mudanças no clima através das alterações em sua superfície.

Independente das causas que estejam impactando e/ou alterando a variabilidade climática efetuou-se o BHC com os valores obtidos dos dados históricos térmicos e pluviais para os períodos 2010-2016, 2017-2023 e os das respectivas médias visando identificar possíveis variações de mudanças climáticas na área estudada.

A análise dos dados e a metodologia aplicada vem a contribuir para a ordem de problemas ligados à gestão dos recursos hídricos e dos recursos naturais, de forma a alçar o potencial dos seus usos.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA. (2024). Agência executiva d'água e clima da Paraíba. www.aesa.gov.br

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M.; SENTELHAS, P.C.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 22, 711–728. 2014.

**[3]** ARAÚJO, W.R.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; FRANÇA, M.V.; ROLIM NETO, F.C.; (2021). Variabilidade interanual do balanço hídrico em Lagoa Seca, Paraíba – Brasil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar ISSN 2675-6218.

**[4]** BARRETO, P. N.; SILVA R. B. C.; SOUZA, W. S.; COSTA, G. B.; NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, B. S. B. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte. CD-ROM. 2009.

**[5]** CASSETI, V. Elementos de Geomorfologia. Goiânia: Editora da UFG, 1994.

**[6]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10. p.140-147. 2006.

**[7]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1, p.154-157. 1994.

**[8]** FRANÇA, M.V.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L. M.F.; MEDEIROS, R.M.; ROLIM NETO, F.C. Sequential Water Balance for The Municipality of Bom Jesus Piauí, Piauí State, Brazil. Ijsrm.Human, 2021; Vol. 19 (3): 111-128.

**[9]** GIULIO, G. M. Di; TORRES, R. R.; VASCONCELLOS, M.P.; BRAGA, D. R. G. C.; MANCINI, R. M.; LEMOS, M. C. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no Estado de São Paulo. Ambiente & Sociedade, v. 22, 2019.

**[10]** KÖPPEN, W, (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[11]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R, (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

**[12]** MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C; TOMASELLA; J.; SAMPAIO, G.; ALVES L. M.; OBREGON, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS. R.; GILLIN, K. Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil Análise conjunta Brasil - Reino Unidos sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. 56p. 2011.

**[13]** MEDEIROS, R.M. Planilhas eletrônicas do cálculo do balanço hídrico em conformidade com Thornthwaite e Mather (1948, 1955), 2016.

**[14]** MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológicos do Estado da Paraíba. 178p. 2018.

**[15]** MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I. M. D. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2007.

**[16]** PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

**[17]** REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Barueri (SP): Manole, 1990.

**[18]** THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publication in Climatology N° 8, Laboratory of Climatology, Centerton, N.J. 1955.

**[19]** THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, London, v.38, p.55-94, 1948.

# Capítulo 14

## Estimativa das condições hídricas usando o cômputo do Balanço hídrico no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba

*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Romildo Morant de Holanda*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Cristiano José da Silva*

**Resumo:** Estudar as condições hídricas de uma área e fornecer subsídios para a população é de grande utilidade, com este intuito objetiva-se avaliar as condições hídricas aplicando a metodologia do balanço hídrico e disponibilizar subsídios para elaboração de projetos agropecuários para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba. Utilizou-se da metodologia proposta por Thornthwaite para a realização do cômputo do balanço hídrico, visando estimativa das condições hídricas da área em estudo para o período de 2010-2024. Constatou-se que a capacidade de armazenamento de água no solo influencia decisivamente nas condições hídricas anuais do povoado, entretanto, solos com maior capacidade de armazenamento podem minimizar as condições climáticas e assegurar condições hídricas de solo um pouco mais favoráveis à exploração radicular. Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia. Averiguou-se a incidências de altas variabilidade térmica, o que vem ocasionando elevados índices evapotranspirativos, evaporativos e deficiências hídricas e a não ocorrências de excedentes o que expressa uma das principais características da região semiárida nordestina.

**Palavras-chave:** Poder evapotranspirativos e evaporativo; Flutuações pluviais e térmicas; Balanço hídrico; deficiência e excedente hídricos.

## INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira, tem-se a predominância de altas temperaturas, superioras contribuições das taxas evapotranspirativos, seguido de má distribuição irregular da pluviometria, sendo fundamental a busca de informações a respeito das características hídricas da região de modo a torna a atividade agropecuária economicamente sustentável (Santos et al., 2018; Matos et al., 2018 e Passos et al., 2017).

Para os autores Holanda et al, (2019) entender o cômputo do balanço hídrico (BH) e suas contabilizações, demanda e disponibilidade hídrica nos elementos climáticos: excedente hídrico deficiência hídrica, armazenamento de água no solo, índice pluvial e térmico, evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, pode ser considerado ferramenta essencial, que, permite identificar épocas de carência e excesso hídrico e determinar a entrada e saída de água.

Assettari et al, (2020) relataram que os resultados do BH segundo o método de Thornthwaite et al, (1955), tem capacidade de ser aplicado para realização da classificação climática, caracterização hidrológica, estudos recursos hídricos, natural e ambiental, além de aplicações em planejamento agrícolas familiar, agropecuária entre outras áreas.

Passos et al, (2018) mostraram que o BH beneficia o planejamento agropecuário proporcionando ao produtor rural informações que auxiliam no sucesso do empreendimento rural, na tomada de decisão de quando optar ou não por sistemas de irrigação, visando suprir a deficiência hídrica das culturas.

Moreno et al. (2016) analisando as variáveis meteorológicas para o Ceará, relataram que na região do Cariri Cearense, o clima característico é quente, seco e subúmido, com flutuações térmicas oscilando de 18,0°C a 28,0 °C. Matos et al. (2020) relatam que essas informações de temperatura média do ar mensal são relevantes para serem utilizadas na tomada de decisão de qual cultura que melhor se adaptada para o plantio na região.

França et al. (2020) avaliaram as condições hídricas e da sua variabilidade da capacidade de campo (CAD) propendendo entender as flutuações através do computo do BH.

Villa et al. (2022) ressaltam que a compreensão e o monitoramento das épocas de maior ou menor incidência de precipitação, das temperaturas ótimas para as culturas, da disponibilidade de radiação e do balanço hídrico são fundamentais para haver retorno produtivo na agricultura.

França et al. (2021) estimaram o balanço hídrico sequencial para Bom Jesus Piauí, visando gerar e disponibilizar subsídios para novos projetos e planejamento agrícola regional. Estimaram o BHS gerando os gráficos de precipitação, evapotranspiração, evaporação, temperatura, deficiência e excedente hídrico. Detectaram que no setor agrícola ocorrem riscos de maiores estresses com a ampliação da evapotranspiração e da evaporação. Não está descartada a recorrência do uso de água irrigada. O balanço hídrico sequencial fornece informações detalhadas sobre o comportamento da temperatura, precipitação, evapotranspiração, evaporação, deficiências e excedentes hídricos ao longo dos meses e anos. Esses resultados podem ser utilizados para o planejamento e elaboração de atividades agrícolas, fornecendo subsídios aos produtores regionais e aos tomadores de decisão governamentais.

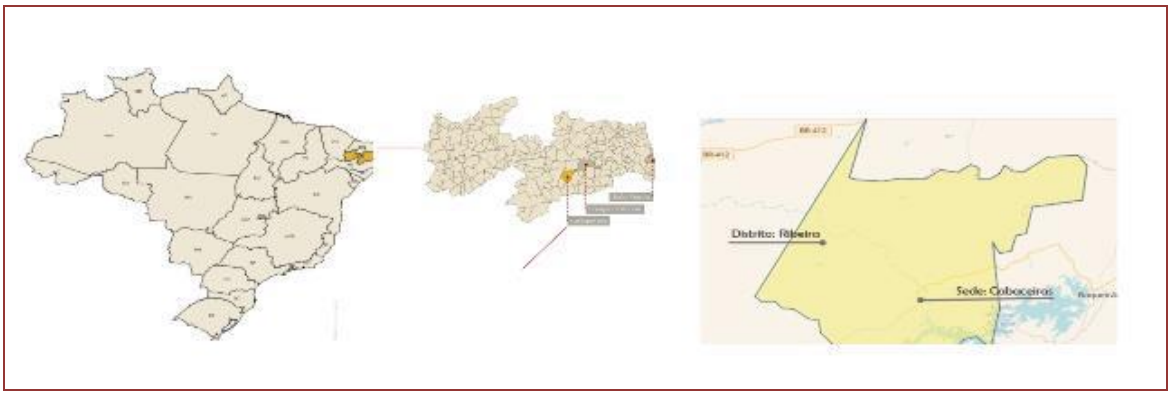
Medeiros et al. (2021) realizaram as classificações climáticas, utilizando-se o modelo do aplicativo de Köppen para a área da Zona da Mata Pernambucana, com a elaboração de gráficos e tabelas. O modelo de classificação de Köppen identificou duas características climáticas: do tipo "Am" em 12 municípios e o tipo "As" predominando em 32 municípios. A altitude é um componente de controle climático, pois devido ao efeito da gravidade, a densidade da atmosfera diminui com a altura.

Tem-se como objetivo avaliar as condições hídricas aplicando a metodologia do balanço hídrico e disponibilizar subsídios para elaboração de projetos agropecuários para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba,

## MATERIAL E MÉTODO

A área em estudo, localiza-se nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' W, e 391 metros de altitude, (AESA 2025) (Figura 1).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Os fatores provocadores e/ou causadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, atuantes são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e ocasionam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano (Medeiros 2024). Segundo a classificação climática de Köppen (1928) e Köppen et al, (1931) o clima é do tipo BSH, o estudo de Alvares et al, (2014) corroboram com os resultados discutidos.

Os dados térmicos foram gerados pelo software "Estima – T" correspondente ao período 2010 - 2024, (Cavalcanti, 2006; Cavalcanti, 1994). Os dados pluviais foram interpolados dos municípios circunvizinho, após passarem por sistemas de consistência e homogeneização (AESA 2025).

Utilizou-se da metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1955) para a realização do cômputo do BH, visando a estimativa das condições

hídricas no período 2010-2024. Planilhas eletrônicas foram usadas para contabilizar o balanço de entrada e saída de água no solo da área em estudo. A partir da metodologia utilizada, estimou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. Esta CAD tem potencial para atender a um maior número de culturas perenes na região de estudo (Medeiros et al., 2024). Os cálculos resultaram em informações gráficas de fácil interpretação, podendo ser utilizadas estas informações como base para o planejamento de atividades agrícolas da região estudada (Medeiros et al., 2024).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Passos et al, (2016) narram que a retirada de água do solo começa durante o período de estiagem momento em que inicia a ocorrência de deficiência hídrica no solo e no início do período chuvoso, os índices pluviais são utilizados na reposição da água do solo. Estes resultados estão de acordo com os alcançados no presente estudo.

Camurça et al, (2016) indicam que a falta de água e alimentos pode levar as pessoas a migrarem de áreas caracterizadas pela seca para outras regiões em busca de melhores condições de vida. Além disso, a baixa pluviometria pode contribuir para a manifestação de doenças de veiculação hídrica, uma vez que a qualidade da água disponível para consumo pode ser comprometida (Brasil, 2010). Pruss-Ustun et al. (2008) complementam que, além das doenças de veiculação hídrica, a escassez de água pode dificultar a higiene pessoal e o saneamento adequado.

Os índices pluviais e as oscilações da EVR foram iguais, ou seja, tudo que precipitou evaporou logo em seguida. Não se registrou excedentes hídricos. A deficiência hídrica anual foi de 1075,3 mm, fluindo de 42,3 mm (junho) a 136,5 mm (novembro), os meses de menores valores de deficiências hídrica registrou-se de abril a julho, e entre agosto a março os maiores índice de deficiências, estas flutuações foram decorrentes da má distribuição e irregularidades pluviais que não foram suficientes para abastecer o solo.

A evapotranspiração potencial média anual é de 1470,9 mm, as oscilações mensais da evapotranspiração fluem de 88,3 mm (julho) a 154,6 mm (dezembro), os meses de maiores evapotranspiração é de outubro a abril, acompanhando as flutuações térmicas elevadas e de maio a setembro os menores índices evapotranspiradas, onde se registrou as menores oscilações térmicas. Estas informações são relevantes para que o produtor rural possa realizar o planejamento da lâmina de irrigação adequada para os cultivos ao longo do ano.

Observar-se que a média da evapotranspiração é superior à média pluvial em todos os meses, estas variabilidades resultam em maiores retiradas de água do solo (evapotranspiração) em relação a reposição das chuvas proporcionando maior deficiência de água no solo, o que justifica a necessidade da irrigação para atender a demanda hídrica das culturas na área estudada.

Temperatura fluindo entre 23,4°C a 24°C, registrou-se as menores taxas de ETP, temperatura fluindo entre 25,0°C a 27,0°C ocorreram os maiores valores ETP. Estes resultados são condizentes com os valores observados nos estudos de Matos et al. (2019). A estimativa da ETp é importante para a determinação da necessidade de irrigação, tomada de decisão para gestão da água, análises de seca e estudos ambientais, recursos hídricos, armazenamento e abastecimento humano. (Cadro et al., 2017; Pandey et al., 2016 e Pereira et al., 2015).

**Tabela 1:** Balanço hídrico de 2010-2024 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para Capacidade de Campo de 100 mm.

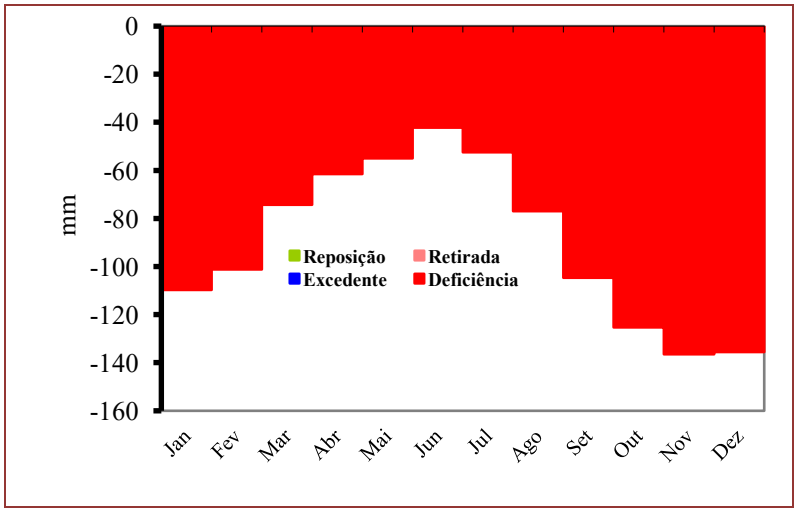
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 35,8 | 145,6 | 35,8 | 109,7 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 30,0 | 131,1 | 30,0 | 101,2 | 0,0 |
| Março | 26,3 | 64,6 | 138,9 | 64,6 | 74,3 | 0,0 |
| Abril | 25,9 | 62,8 | 124,2 | 62,8 | 61,5 | 0,0 |
| Maio | 25,1 | 58,1 | 113,2 | 58,1 | 55,0 | 0,0 |
| Junho | 24,0 | 51,5 | 93,7 | 51,5 | 42,3 | 0,0 |
| Julho | 23,4 | 35,7 | 88,3 | 35,7 | 52,5 | 0,0 |
| Agosto | 23,9 | 18,2 | 95,1 | 18,2 | 76,9 | 0,0 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,5 | 4,9 | 104,6 | 0,0 |
| Outubro | 26,1 | 8,1 | 133,4 | 8,1 | 125,3 | 0,0 |
| Novembro | 26,8 | 6,9 | 143,5 | 6,9 | 136,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 19,1 | 154,6 | 19,1 | 135,5 | 0,0 |
| Ano | 25,6 | 395,6 | 1470,9 | 395,6 | 1075,3 | 0,0 |

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Na representação gráfica do balanço hídrico do período 2010 – 2024 (figura 2), do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, registrou deficiências hídricas moderada a intensa em todos os meses estudados, tais resultados corroboram com os estudos referenciados por Cunha Filho et al, (2024).

**Figura 2:** Esboço gráfico do balanço hídrico da série de 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

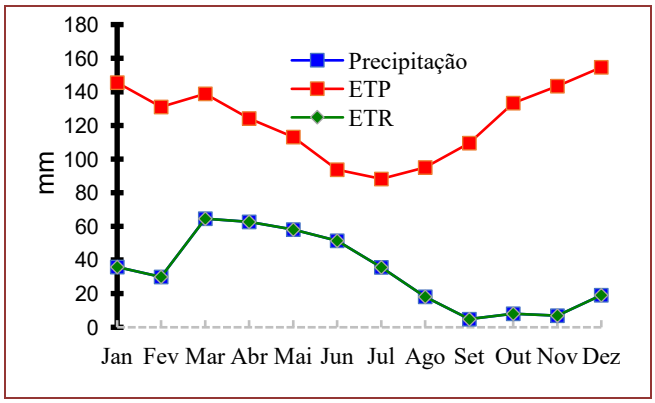
As oscilações pluviais médias mensais fluem de 4,9 mm (setembro) a64,8 mm (março) totalizando 395,6 mm, os meses de janeiro a junho são os mais chuvosos, onde o mês de março registra o maior índice pluvial, e o menor índice pluvial ocorrem em setembro. Entre abril e setembro destaca-se reduções pluviais gradativas e pequenas flutuações entre outubro e dezembro. As oscilações pluviais foram ocasionadas por troca

de calor, movimentos verticais ascendentes, auxílio das formações de linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, conjuntamente com os efeitos regional e local (Figura 3). O Estudo de Medeiros (2024) corrobora com as discussões.

A ETR igualou-se aos índices pluviais, ou seja, precipitou evaporou instantaneamente, gerando deficiência hídrica. A evapotranspiração supera os índices pluviais em valores superiores a quatros vezes seu valor (Figura 3), não atende a demanda da evapotranspiração no período, portanto, torna-se inviável suprir a demanda hídrica das culturas em cultivo de sequeiro.

Para Medeiros (2024) a região estudada registrou oscilações pluviais e do armazenamento de água no solo, onde estas variáveis diferir expressivamente inter ano, para tanto, precisa de uma gestão adequada visando alcançar maior eficiência de uso da água.

**Figura 3:** Esboço gráfico dos elementos precipitação, Evapotranspiração potencial e real da série de 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

São necessários os desenvolvimentos de realizações de planejamentos e projetos, visando o bem-estar da população, seu conforto e uma base de alimentação saudável.

Averiguou-se a incidências de altas variabilidade térmica, o que vem ocasionando elevados índices evapotranspirativos, evaporativos e deficiências hídricas e a não ocorrências de excedentes o que expressa uma das principais características da região semiárida nordestina.

Os índices pluviais registrados não são suficientes para repor os índices evapotranspiradas, resultando em déficit de água no solo durante o ano.

Constatou-se que a capacidade de armazenamento de água no solo influencia decisivamente nas condições hídricas anuais do povoado, entretanto, solos com maior capacidade de armazenamento podem minimizar as condições climáticas e assegurar condições hídricas de solo um pouco mais favoráveis à exploração radicular.

Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA. (2025). Agência executiva d'água e clima da Paraíba. www.aesa.gov.br.

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M.; SENTELHAS, P.C.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 22, 711–728. 2014.

**[3]** ARAÚJO, W.R.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; FRANÇA, M.V.; ROLIM NETO. F.C.; (2021). Variabilidade interanual do balanço hídrico em Lagoa Seca, Paraíba – Brasil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar ISSN 2675-6218

**[4]** ASSETTARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do rio Jauquara, região de transição entre o cerrado e Amazônia Brasileira. Revista Brasileira de Climatologia, v. 16, p. 70-80, 2020.

**[5]** BRASIL. Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010. Disponível em: https://repositorio.funasa.gov.br//handle/123456789/593.

**[6]** CAMURÇA, C.E.S.; ALENCAR, A.B.; CIDADE, E.C. XIMENES, V.M. Drought Implications in the Lives of Residents of the Rural Northeast Consecuencias de la sequía en la vida de los residentes del noreste rural de Brasil. Av. Psicol. Latinoam, Bogotá, v. 34, n. 1, p. 117-128, Jan./Apr. 2016.

**[7]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10. p.140-147. 2006.

**[8]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1, p.154-157. 1994.

**[9]** FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R.; HOLANDA, R. M. Balanço hídrico para diferentes capacidades de campo e a variabilidade erosiva pluvial no munícipio de Amparo de São Francisco – SE, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. eXX, (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409.

**[10]** HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Revista Pantaneira, v. 16, p. 57-68, 2019..

**[11]** KÖPPEN, W, (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[12]** KÖPPEN, W.; GEIGER, R, (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

**[13]** MEDEIROS, R.M. Estudo Agrometeorológico do Estado da Paraíba. 178p. 2024.

**[14]** MEDEIROS, R.M.; FILHO, M.C.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V. Balanço hídrico e suas mudanças no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil. Moacyr Cunha Filho ... [et al.], org. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2024. 236 p.: il. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

**[15]** MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; HOLANDA, R.M., WAGNER R.B.; SALATIEL E. Balanço hídrico e seus comparativos com 1996-2005, 2006-2015 em relação a 2015 no município de São Bento do Una - PE. E-Acadêmica. v.3, p.e7532226, 2022.

**[16]** MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M, FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W.R.; PEREIRA, M.L.F.; classificação climática de Köppen na Zona da Mata Pernambucana – Brasil. RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia. v.2, n.5, 2021.

**[17]** MATOS, R.M. et al. Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 12, n. 1, p. 2366-2373, 2018.

**[18]** MATOS, R.M. et al. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 3, p. 973-982, 2020.

**[19]** FILHO, M.C.; MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V.; HOLANDA, R.M. Oscilações quinquenal do balanço hídrico no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil. Capitulo 6. P.77-91.

**[20]** MORENO, N.B.C. et al. Análise de variáveis meteorológicas para indicação de áreas agrícolas aptas para banana e caju no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, n. 1, p. 001-015, 2016

**[21]** PASSOS, M.L.V. et al. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016.

**[22]** PASSOS, M.L.V. et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - MA. Scientia Agraria, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

**[23]** PASSOS, M.L.V. et al. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Turiaçu MA. Revista Agropecuária Científica no Semiárido, v. 14, n. 2, p. 149-155, 2018.

**[24]** PRUSS-USTUN, A.; BOS, R.; GORE, F.; BARTRAM, J. Safer water, better health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health. Geneva: World Health organization, 2008.

**[25]** SANTOS, F.A.; AQUINO, C.M.S. Balanço hídrico climatológico dos municípios de castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, nordeste, Brasil. Revista Eletrônica Geoaraguaia, v. 6, n. 1, p. 30-56, 2018.

**[26]** THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

**[27]** THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

# Capítulo 15

## Oscilações pluviais e do balanço hídrico na área Territorial do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Romildo Morante de Holanda*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*

**Resumo:** Entender e compreender a vulnerabilidade hídrica é de fundamental importância para a gestão sustentável da água, considerando sua importância para o meio socioambiental e os ecossistemas, assim como, o ciclo hidrológico. Com este intuito, objetiva-se analisar as oscilações pluviais e do balanço hídrico na área Território do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024, visando fornecer informações que possa a vim auxiliar no planejamento e monitoramento dos impactos causados das variações dos excedentes e/ou deficiência hídrica na área de estudo. Utilizaram-se dados mensais pluviais interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios limitantes. Os dados térmicos foram gerados pelo software estima – T para a série 2010-2024. O artigo desenvolveu-se em duas fases: a primeira, consistiu na sistematização e análise da série pluvial; e na segunda no cômputo do balanço hídrico da área estudada. Para tanto aplicou-se a metodologia desenvolvida por Thornthwaite, para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2020), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do balanço hídrico. A análise das oscilações pluviais e do balanço hídrico, neste estudo, abona uma extraordinária perspectiva diante dos desafios relacionados à disponibilidade e qualidade da água, sobretudo no argumento das mudanças climáticas globais. O conhecimento histórico da pluviometria, quando aplicado ao planejamento e monitoramento dos impactos causados pelas deficiências ou excedentes hídricos, torna-se um instrumento ativo para os desenvolvimentos e tomada de decisões estratégicas.

**Palavras-Chave:** Variações dos excedentes e deficiência hídrica; Escassez de água; Balanço hídrico.

## INTRODUÇÃO

Segundo o IPCC (2014) as ações abióticas vêm afetando o clima terrestre, procedendo em altas variabilidades térmicas e mudanças no ciclo anual pluvial em escala global, essa modificação climática vem resultar em chuvas intensas ou secas severas, como as registradas no Nordeste, nos anos de 1877, 1983, 1991,1998, 2012 e 2016 (Marengo et al., 2017).

O semiárido brasileiro tem uma economia influenciada pelo clima, principalmente a agricultura familiar, que é de sequeiro, totalmente dependente do clima. Atualmente, devido às alterações climáticas, as populações vêm sendo submetidas a eventos climáticos extremos, tais como secas severas, ondas de calor, enxurradas, enchentes entre tantos outros eventos (IPCC, 2014; 2022).

Para os autores Caetano et al, (2019) afirmam que não basta somente as informações sobre a repartição pluvial adquiridas no Balanço Hídrico, elas são importantes para uma região. (Saboya et al., 2022) disse que tem de se levar em consideração, o aviso das ocorrências de probabilidade e dos eventos extremos, como precipitações máximas diárias e mensais, as quais vem ocasionando problemas em áreas agrícolas, pecuárias e urbanas.

França et al, (2020) aferiram as condições hídricas e sua variabilidade com capacidade de campo (CAD) propendendo entender as flutuações através do cômputo do BH. Os índices pluviais estudados ocasionaram maiores incidências nas variações climáticas e na capacidade de campo, esperando-se chuvas de intensidades fortes com alta magnitudes, amplitude e em curto intervalo de tempo. Os resultados indicam situações críticas das condições do solo estudado, o que poderá ocasionar grandes impactos nos recursos hídricos, meio ambiente e socioeconomia, e na prática de cultura de sequeiro.

França et al, (2021) avaliaram e comparar o desempenho de métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração pelos métodos de Hargreaves, Hargreaves-Samani, Camargo e Thornthwaite com o método padrão de Penman-Monteih, sugerido pela FAO-56, para Amparo de São Francisco – Sergipe. Os resultados mostraram que as mudanças de uso da terra, tais como agricultura, pastagem e reflorestamento causam alterações na dinâmica d'água de uma bacia hidrográfica. O método de Penman-Monteith apontado pela FAO para a determinação da ETo, apresentam valores diferentes das reais condições hídricas, pelo menos na área estudada, superestimando a ETo mensal em todos os usos da terra estudados. Este comportamento pode estar atrelado a radiação solar e a temperatura que são os fatores determinantes para a estimativa da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith.

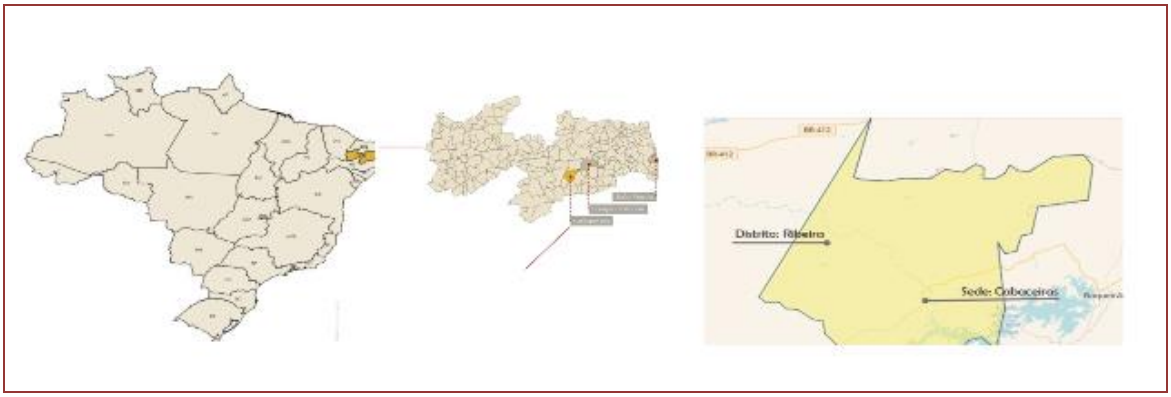
Evapotranspiração terrestre é uma das mais importantes componentes do ciclo hidrológico, afetando o equilíbrio d'água na sua superfície. Sendo um variável meteorológicas muito aplicada na tomada de decisão em hidrologia, agroecologia, irrigação e entre tantas outras áreas afins (Fu et al., 2009; Roderick et al., 2009). Observações em todo o mundo com diferentes climas mostram que a demanda evaporativa medida utilizando-se tanques de evaporação tem reduzido ao longo dos últimos cinquenta anos. As quedas nos índices de evaporação para vários períodos desde o anos 1950 vêm sendo registradas em diversos países para os hemisférios incluindo os EUA, a ex-União Soviética (Golubev et al., 2001), Itália (Moonen et al., 2002), Austrália (Roderick et al., 2004), Nova Zelândia (Roderick et al., 2005), Canadá (Burn et al., 2007), Índia (Jhaiharia et al., 2009) e China (Liu et al., 2010).

Objetiva-se analisar as oscilações pluviais e do balanço hídrico na área Território do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024, visando fornecer informações que possa a vim auxiliar no planejamento e monitoramento dos impactos causados das variações dos excedentes e/ou deficiência hídrica na área de estudo. Espera-se que os resultados, possam contribuindo para a tomada de decisão e gestão dos recursos hidrológicos e naturais.

## MATERIAL E MÈTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1), o povoado limita-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema, com coordenadas geográficas: latitude de 7º43'S e longitude 36º36' e altitude r de 391 metros, (AESA 2025).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira de Cabaceiras.




Fonte: Medeiros (2026).

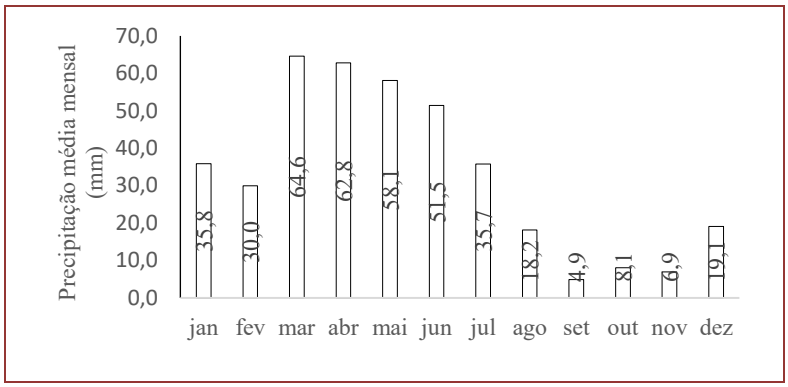
Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios limitantes. Os dados térmicos (ºC) foram gerados pelo software Estima – T para a série 2010-2024.

Realizou-se o desenvolvimento do artigo em duas fases: a primeira fase consistiu na sistematização e análise da série pluvial; e na segunda fase obteve-se o cômputo do balanço hídrico da área estudada. Para tanto aplicou-se a metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1955).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

As oscilações pluviais médias mensais fluem de 4,9 mm (setembro) a64,8 mm (março) totalizando 395,6 mm, os meses de janeiro a junho são os mais chuvosos, onde o mês de março registra o maior índice pluvial, e o menor índice pluvial ocorrem em setembro. Entre abril e setembro destaca-se reduções pluviais gradativas e pequenas flutuações entre outubro e dezembro. As oscilações pluviais foram ocasionadas por troca de calor, movimentos verticais ascendentes, auxílio das formações de linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, conjuntamente com os efeitos regional e local (Figura 2). O Estudo de Medeiros (2024) corrobora com as discussões.

**Figura 2:** Índice pluvial mensal no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, Brasil.

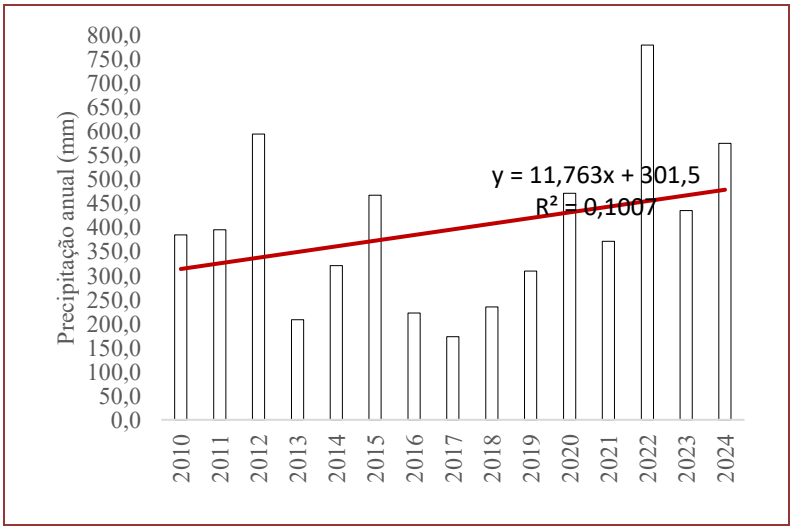



Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição anual pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba – Brasil, entre 2010-2024, (Figura 3), registrou tendência positiva, com irregularidades, amplitudes e magnitudes diferenciadas, ocasionados pelos sistemas de bloqueios, má contribuição dos efeitos local e regional e as não contribuições dos efeitos de meso e microescala na região semiárida brasileira (Marengo et al., 2017)

Destaca-se os anos 2013, 2016 e 2017 com menores intensidades pluviais e 2022 o de maior intensidade, seguidos dos anos de 2012 e 2024, salienta-se a contribuição dos eventos extremos nas variabilidades interanuais, ocasionando irregularidades como as destacadas por Lucas et al, (2022) e IPCC (2023).

**Figura 3:** Volume total médio anual pluviométrico e sua linha de tendência entre 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, Brasil.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 1 tem-se as oscilações dos elementos do balanço hídrico de 2010-2024, da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para Capacidade de Campo de 100 mm. A evapotranspiração potencial média anual é de 1470,9 mm, as oscilações mensais da evapotranspiração fluem de 88,3 mm (julho) a 154,6 mm (dezembro), os meses de maiores evapotranspiração é de outubro a abril, acompanhando as flutuações térmicas

elevadas e de maio a setembro os menores índices evapotranspiradas, onde se registrou as menores oscilações térmicas. Estas informações são relevantes para que o produtor rural possa realizar o planejamento da lâmina de irrigação adequada para os cultivos ao longo do ano.

Observar-se que a média da evapotranspiração é superior à média pluvial em todos os meses, estas variabilidades resultam em maiores retiradas de água do solo (evapotranspiração) em relação a reposição das chuvas proporcionando maior deficiência de água no solo, o que justifica a necessidade da irrigação para atender a demanda hídrica das culturas na área estudada.

Os índices pluviais e as oscilações da evapotranspiração real foram iguais, ou seja, tudo que precipitou evaporou logo em seguida. Não se registrou excedentes hídricos. A deficiência hídrica anual foi de 1075,3 mm, fluindo de 42,3 mm (junho) a 136,5 mm (novembro), os meses de menores valores de deficiências hídrica registrou-se de abril a julho, e entre agosto a março os maiores índice de deficiências, estas flutuações foram decorrentes da má distribuição e irregularidades pluviais que não foram suficientes para abastecer o solo.

Temperatura fluindo entre 23,4°C a 24°C, registrou-se as menores taxas de ETP, temperatura fluindo entre 25,0°C a 27,0°C ocorreram os maiores valores ETP. Estes resultados são condizentes com os valores observados nos estudos de Matos et al. (2019). A estimativa da ETp é importante para a determinação da necessidade de irrigação, tomada de decisão para gestão da água, análises de seca e estudos ambientais, recursos hídricos, armazenamento e abastecimento humano. (Cadro et al., 2017; Pandey et al., 2016 e Pereira et al., 2015).

**Tabela 1:** Balanço hídrico de 2010-2024 da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba para Capacidade de Campo de 100 mm.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 35,8 | 145,6 | 35,8 | 109,7 | 0,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 30,0 | 131,1 | 30,0 | 101,2 | 0,0 |
| Março | 26,3 | 64,6 | 138,9 | 64,6 | 74,3 | 0,0 |
| Abril | 25,9 | 62,8 | 124,2 | 62,8 | 61,5 | 0,0 |
| Maio | 25,1 | 58,1 | 113,2 | 58,1 | 55,0 | 0,0 |
| Junho | 24,0 | 51,5 | 93,7 | 51,5 | 42,3 | 0,0 |
| Julho | 23,4 | 35,7 | 88,3 | 35,7 | 52,5 | 0,0 |
| Agosto | 23,9 | 18,2 | 95,1 | 18,2 | 76,9 | 0,0 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,5 | 4,9 | 104,6 | 0,0 |
| Outubro | 26,1 | 8,1 | 133,4 | 8,1 | 125,3 | 0,0 |
| Novembro | 26,8 | 6,9 | 143,5 | 6,9 | 136,5 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 19,1 | 154,6 | 19,1 | 135,5 | 0,0 |
| Ano | 25,6 | 395,6 | 1470,9 | 395,6 | 1075,3 | 0,0 |

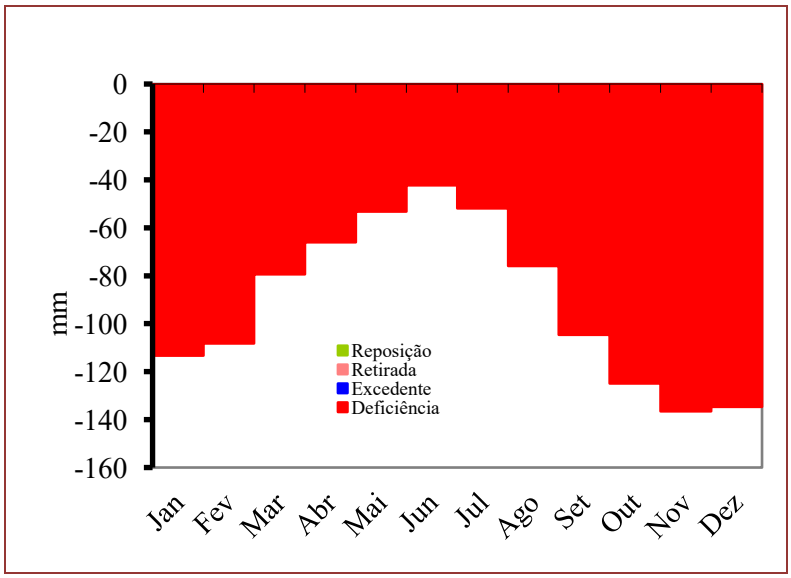
Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

No gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2024 (figura 4), do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, registrou deficiências hídricas moderada a intensa em

todos os meses estudados, tais resultados corroboram com os estudos referenciados por Cunha Filho et al, (2024).

**Figura 4:** Gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2024, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba,



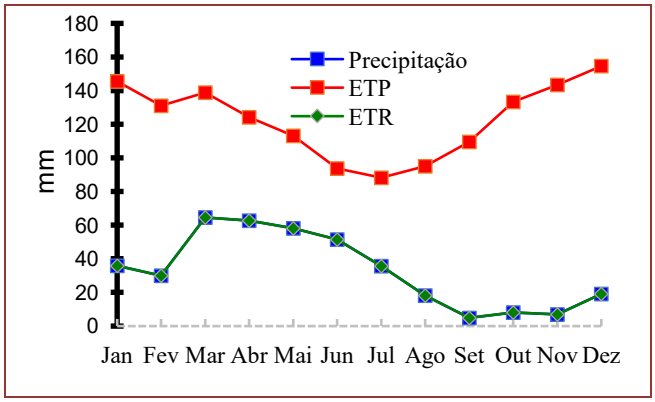

Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações pluviais médias mensais fluem de 4,9 mm (setembro) a64,8 mm (março) totalizando 395,6 mm, os meses de janeiro a junho são os mais chuvosos, onde o mês de março registra o maior índice pluvial, e o menor índice pluvial ocorrem em setembro. Entre abril e setembro destaca-se reduções pluviais gradativas e pequenas flutuações entre outubro e dezembro. As oscilações pluviais foram ocasionadas por troca de calor, movimentos verticais ascendentes, auxílio das formações de linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, conjuntamente com os efeitos regional e local (Figura 5). O Estudo de Medeiros (2024) corrobora com as discussões.

A evaporação igualou-se aos índices pluviais, ou seja, precipitou, logo evaporou instantaneamente, gerando deficiência hídrica. A evapotranspiração supera os índices pluviais em valores superiores a quatros vezes seu valor (Figura 3), não atende a demanda da evapotranspiração no período, portanto, torna-se inviável suprir a demanda hídrica das culturas em cultivo de sequeiro.

Para Medeiros (2024) a região estudada registrou oscilações pluviais e do armazenamento de água no solo, onde estas variáveis diferir expressivamente inter ano, para tanto, precisa de uma gestão adequada visando alcançar maior eficiência de uso da água.

**Figura 5:** Esboço gráfico dos elementos precipitação, Evapotranspiração potencial e real da série de 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÃO

A análise das oscilações pluviais e do balanço hídrico, neste estudo, abona uma extraordinária perspectiva diante dos desafios relacionados à disponibilidade e qualidade da água, sobretudo no argumento das mudanças climáticas globais.

O conhecimento histórico da pluviometria, quando aplicado ao planejamento e monitoramento dos impactos causados pelas deficiências ou excedentes hídricos, torna-se um instrumento ativo para os desenvolvimentos e tomada de decisões estratégicas.

Os resultados desta pesquisa devem ser empregados, levando como base a implementação de políticas públicas e práticas de gestão que visem mitigar os impactos da vulnerabilidade hídrica, promovendo a resiliência e o desenvolvimento sustentável da área estudada.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011.

**[2]** BURN, D.H.; HESCH, N.W. Trends in evaporation for the Canadian Prairies. J. Hydrol. 336, 61-73. 2007.

**[3]** CAETANO, A.L.; BARBOSA, F.S. (2019). Probabilidade de ocorrência de chuvas extremas para a região de Inconfidentes –MG. Revista Brasileira de Climatologia,25(1),537-548.

**[4]** FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R.; HOLANDA, R. M. Balanço hídrico para diferentes capacidades de campo e a variabilidade erosiva pluvial no munícipio de Amparo de São Francisco – SE, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. eXX, (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409

**[5]** FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARÚJO, W.R. Research, Society and Development, v. 10, n. 13, e514101321505, 2021

**[6]** (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21505

**[7]** FU, G.; CHARLES, S.P.; YU, J. A critical overview of pan evaporation trends over the last 50 years. Clim. Change v.97, p.193-214, 2009.

**[8]** GOLUBEV, V.S.; LAWRIMORE, J.H.; GROISMAN, P.Y.; SPERANSKAYA, N.A.; ZHURAVIN, S.A.; MENNE, M. J.; PETERSON, T. C.; MALONE, R. W. Evaporation changes over the contiguous United States and the former USSR: A reassessment. Geophys. Res. Lett. v.28, p.2665-2668, 2001.

**[9]** IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A. (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC, 151p. 2014.

**[10]** Jhaiharia, D.; Shrivastava, SK.; Sarkar, D.; Sarkar, S. Temporal characteristics of pan vaporation trends under the humid conditions of northeast India. Agr. For. Meteorol. V.149, p.763-770, 2009.

**[11]** LIU, Q.; YANG, Z.; XIA, Trends for pan evaporation during 1959-2000 in China. Procedia Environmental Sciences v.2, p.1934-1941, 2010.

**[12]** MARENGO, J. A.; TORRES, R. R; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil - Past, Present and Future. Theor Appl Climatol, [S.l.], v. 129, n. 3-4, pág. 1189-1200, 2017.

**[13]** MATOS, R.M. et al. Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 12, n. 1, p. 2366-2373, 2018.

**[14]** MEDEIROS, R.M. Estudo Agrometeorológico do Estado da Paraíba. 178p. 2024.

**[15]** MATOS, R.M. et al. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 3, p. 973-982, 2020.

**[16]** MOONEN, A.C.; ERCOLI, L.; MARIOTTI, M.; MASONI, A. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. Agr. For. Meteorol. 111, p.13-27, 2002.

**[17]** RODERICK, M.L.; FARQUHAR, G.D. Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. Int. J. Climatol. V.24, p.1077-1090, 2004.

**[18]** RODERICK, M.L.; FARQUHAR, G.D. Changes in New Zealand pan evaporation since the 1970s. Int. J. Climatol. 25, 2031–2039, doi:10.1002/joc.1262, 2005.

**[19]** RODERICK, M.L.; ROTSTAYN, L.D.; FARQUHAR, G.D.; HOBBINS, M.T. On the attribution of changing pan evaporation. Geophys. Res. Lett. 34, doi: 10.1029/2007, GL031166, 2007.

**[20]** RODERICK, M.L.; HOBBINS, M.T.; FARQUHAR, G. D. Pan evaporation trends and the terrestrial water balance. I. Principles and observations. Geogr. Compass 3/2, 746-760, 10.1111/j. 1749- 198. 2008. 00213.x, 2009.

**[21]** SABOYA, L.M.F.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V.; ARAÚJO, W. R.; (2022). Probabilidade de chuvas em Bom Jesus -Piauí, Brasil. Research, Society and Development,11(3), e32411326609.

**[22]** THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

**[23]** THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

# Capítulo 16

## Ribeira de Cabaceiras – Paraíba – Brasil e suas oscilações no balanço hídrico sequencial

*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Romildo Morante de Holanda*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Cristiano José da Silva*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*

**Resumo:** O balanço hídrico sequencial é um identificador climatológico de mais perfeita confiabilidade quando comparado ao balanço hídrico normal, podendo decidir períodos acentuados de deficiência hídrica. O objetivo é realizar o balanço hídrico sequencial (BHS) ter em vista as flutuações climáticas e determinar e disponibilizar os subsídios para preparações de projeto ao turismo rural e urbano, fortalecendo a agropecuária, a caprinocultura e motivando elementos a sustentabilidade agrícola familiar para o povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba incluso 2010-2023. Utilizando-se dados climatológicas térmicos e pluviais. A técnica do BHS foi utilizada para cogitar o balanço global d'água, pela contabilização da pluviometria e da ação evapotranspirativos, considerando um nível de armazenamento de campo. Os dados pluviais e térmicos foram interpolados e estimados para a área estudada entre 2010-2023. O BHS provê conhecimentos detalhados dos elementos climáticos do período estudado gerando informações extraordinárias aos tomadores de decisões governamentais e aos elaboradores de projetos pecuários, agrícolas, agronegócios, aos hortifrutigranjeiros entre visando um desenvolvimento sustentável das produções na área estudada. O balanço hídrico sequencial muniu contribuições para a análise de valores extremos dos elementos estudadas para o período de 1981 a 2019. Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia. Os elementos meteorológicos: radiação, cobertura de nuvens, temperatura, velocidade do vento e pressão de saturação do vapor durante os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro aumenta o poder evaporativo os quais atingem valores extremos.

**Palavras-chave:** Poder evaporativo; Flutuações pluviais e térmicas; excedentes e Deficiências hídricas.

## INTRODUÇÃO

O BHS é um dos indicadores climatológicos de mais perfeito confiabilidade quando confrontado ao cálculo do balanço hídrico normal climatológico, podendo determinar períodos de déficit hídricos, com o intuito de amenizar os efeitos do déficit d'água no solo, (SOUZA et al., 2014) relataram a necessidade de um plano integrado dos recursos hídricos, o qual será implantado sistemas de irrigação dimensionados conforme a maior demanda ou déficit hídrico da área em estudo (SOUZA et al., 2017).

França et al (2019) analisaram a técnica do balanço hídrico segundo a metodologia de Thornthwaite entre 2000-2016 e seu comparativo com o ano de 2016 visando averiguar a déficit hídrico e o armazenamento d'água em município de Serra Talhada – PE. Os dados demostram mudanças bruscas que podem vir a ocorreram e os habitantes deverão mudar de táticas no futuro em relação aos plantios, armazenamento d'água e condições de sobrevivência. Os autores, mostraram que tendência de aumento térmico nos índices evaporativos poderão ocasionar eventos extremos pluviais com curto intervalo de tempo, de alta magnitude e intensidade.

Medeiros et al (2020) realizou o cálculo do balanço hídrico sequencial, constatando oscilações dos elementos climáticas e determinando e disponibilizando contribuições para elaborações de planejamento rural, urbano e agropecuário. Os dados pluviais mensais foram trabalhados em software eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais e anuais pluviais do período de 1981 a 2019 já os dados térmicos foram estimados pelo software estima-T para o mesmo intervalo de tempo. O BHS provê conhecimentos detalhados dos elementos climáticos do período estudado gerando informações extraordinárias aos tomadores de decisões governamentais e aos elaboradores de projetos pecuários, agrícolas, agronegócios, aos hortifrutigranjeiros visando um desenvolvimento sustentável das produções na área estudada. Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia.

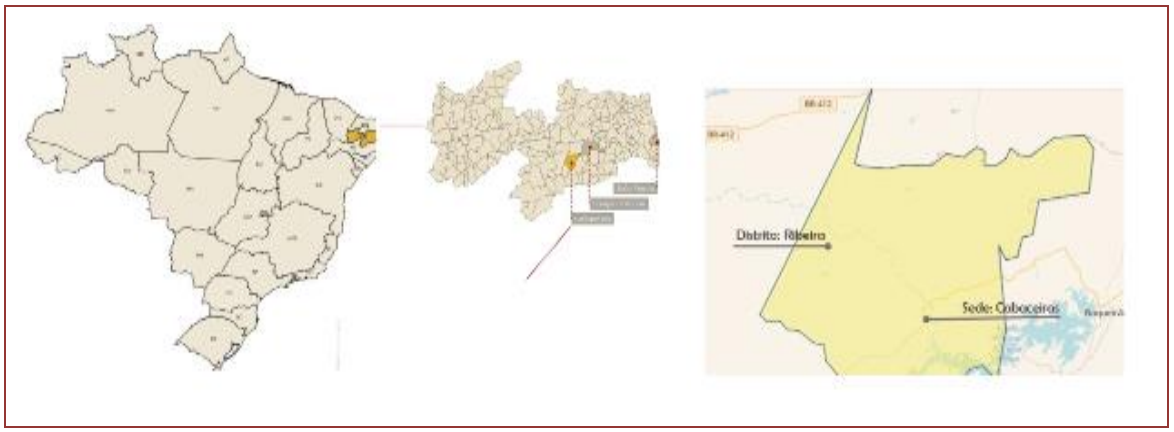
França et al (2021) estimaram o BHS para Bom Jesus Piauí, visando gerar e disponibilizar subsídios para novos projetos e planejamento agrícola regional. Estimaram o BHS gerando os gráficos de precipitação, evapotranspiração, evaporação, temperatura, deficiência e excedente hídrico. Detectaram que no setor agrícola ocorrem riscos de maiores estresses com a ampliação da evapotranspiração e da evaporação. Não está descartada a recorrência do uso de água irrigada. O balanço hídrico sequencial fornece informações detalhadas sobre o comportamento da temperatura, precipitação, evapotranspiração, evaporação, deficiências e excedentes hídricos ao longo dos meses e anos. Esses resultados podem ser utilizados para o planejamento e elaboração de atividades agrícolas, fornecendo subsídios aos produtores regionais e aos tomadores de decisão governamentais.

O objetivo é realizar o balanço hídrico sequencial com o intuito de detectar as oscilações dos climáticos e determinar e disponibilizar as contribuições para preparações de projetos ao turismo rural e urbano, fortalecendo a agropecuária, a caprinocultura e a agriculta familiar para o povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba incluso o período de 2010-2023.

## MATERIAL E MÉTODOS

O povoado Ribeira de Cabaceira está localizado na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1), o povoado limita-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2023). Posicionado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2024).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical, quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano (Medeiros 2024).

O povoado Ribeira de Cabaceiras insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No município situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa ou comumente conhecido como o açude de Boqueirão (AESA 2024).

Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos. Os dados térmicos (ºC) foram gerados pelo software estima – T disponível na página da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) entre o período de 2010-2023.

Para o cálculo do balanço hídrico sequencial (BHS) interanual utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BHC.

Os dados da temperatura média do ar para a área estudada foram estimados pelo software Estima_T (Cavalcanti et al., 2006; Cavalcanti et al., 1994). O Estima_T é um software para fazer estimativas de temperaturas do ar na Região do Nordeste do Brasil (NEB).

Utilizaram-se do método de Thornthwaite & Mather para o cálculo do balanço hídrico sequencial (BHS) em escala mensal para a área estudada, ou seja, o BHS, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura e precipitação média. Essa técnica é utilizada para trabalhar com dados de balanço global d'água do ponto de vista climatológico. Através da contabilização do suprimento natural d'água ao solo, por meio da pluviosidade, e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial, considerando um nível máximo possível de armazenamento (CAD). O BHS fornece estimativa da evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento efetivo d'água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até mensal (Camargo, 1971).

Nos cálculos para a obtenção do BHS utilizou-se do valor de CAD representativos dos solos encontrados na região estudada - CAD = 100 mm para um solo com alta capacidade de armazenamento. Esta CAD pode atender a um maior número de culturas perenes na área estudada (Santos et al., 2010; Abreu et al., 2015). O cálculo do BHS foi computado através de planilha eletrônica elaboradas por Rolim et al. (1998) e adapta por Medeiros (2019).

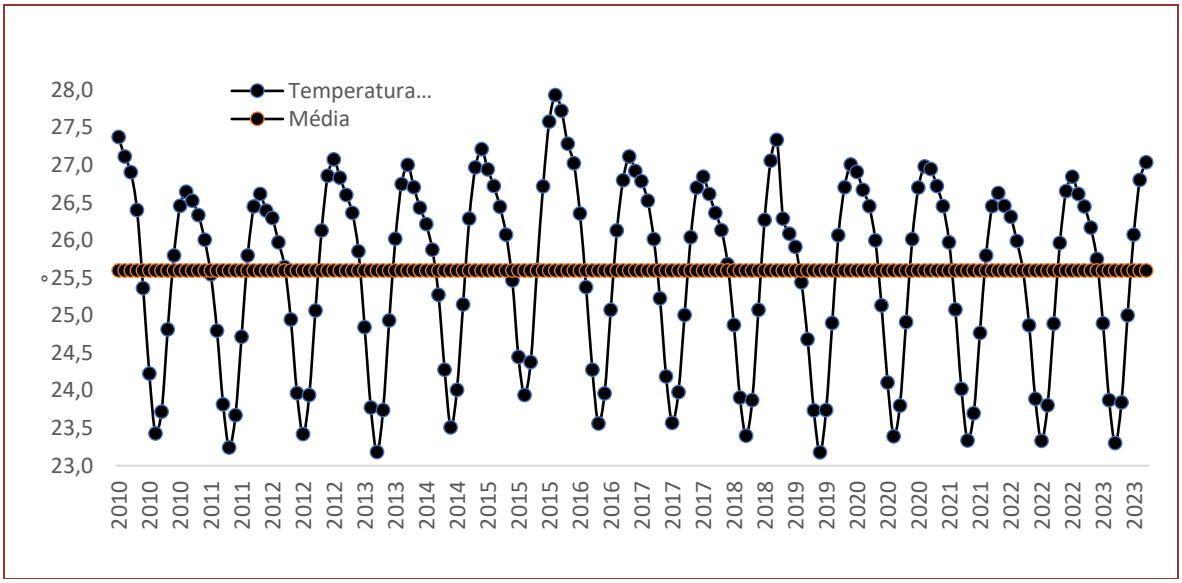
A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1989) sugerem que em estudos comparativos de clima, deve-se serem utilizadas das séries médias para períodos com mais de 30 anos de observações, para tanto os dados precisam ter consistência e homogeneidade na sua comparação entre seus valores analisados. Segundo ainda a OMM (OMM 2019) estabeleceu que em estudos de clima, sejam utilizadas médias de pelos menos trinta anos de dados observados. Para períodos curtos, dez anos, denominada normal provisória pode ser utilizado para avaliar o comportamento do clima desde que se trabalha com anos sucessivos.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Romani et al (2016) mostraram que a agricultura é a atividade econômica mais condicionada das espécies edafoclimáticas e agrometeorológico, estas abrangem o manejo adequado de solo água, clima e a gestão dos recursos hídricos. Os elementos climáticos são as causas fundamentais das oscilações no rendimento e produtividade dos grãos das cultivares e da variabilidade no setor agrícola, no conforto humano, no armazenamento e distribuição d'água para os seres vivos.

Os resultados obtidos referentes à temperatura média do ar utilizada para o cálculo do balanço hídrico climatológico sequencial entre 2010-2023 povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba encontram-se na Figura 2. Observar-se a distribuição da temperatura média de 2010-2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. Com temperatura anual de 25,5°C e com flutuações mensais oscilando de 13,1°C (2018) a 28,0°C (2015). Destacam-se os anos de 2010, 2011, 2013 com temperatura média de 23,3°C e os anos 2010, 2014, 2015, 2016, 2019, destaca-se ainda que as amplitudes e magnitudes são as mais altas temperaturas registradas tais variabilidades corroboram com os estudos de Medeiros (2018); Marengo et al (2021) e IPCC (2021).

**Figura 2:** Temperatura média e média climatológicas do período de 2010-2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



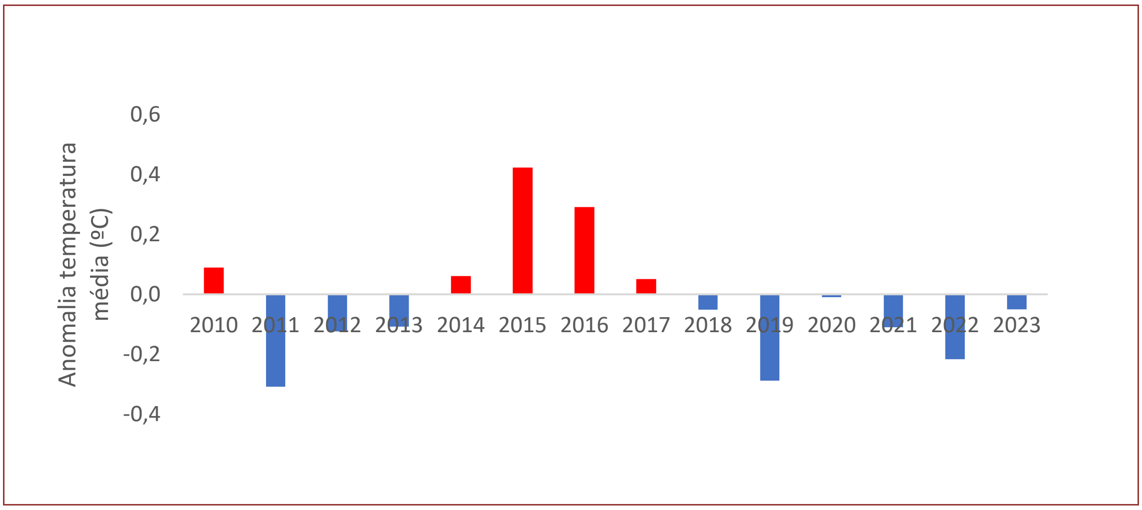

Fonte: Medeiros (2026).

Os incrementos de acréscimo nas temperaturas globais, regionais e locais constatados nos estudos de Nangombe et al (2018), os autores Salviano et al (2016) mostraram que a região Sudeste do Brasil a qual se observaram registros de desenvolvimentos na temperatura mínima de 0,4°C ano$^{-1}$ e de 0,04 °C ano$^{-1}$ para a região metropolitana do Rio de Janeiro. Consequentemente alterando os padrões da temperatura, estas variabilidades vêm a corroboram com as discussões apresentadas.

Na Figura 3 tem-se as oscilações das anomalias da temperatura média de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. Registrou-se cinco anos com anomalias positivas oscilando de 0,1°C (2017) a 0,4°C (2015), estas flutuações decorrem das instabilidades atmosféricas ocasionadas por falta de chuvas devidos aos bloqueios atmosféricos e a não contribuições dos efeitos locais e regionais auxiliados por focos de queimadas, baixa cobertura de nuvens e incidência da radiação solar diretamente a superfície.

As anomalias negativas registraram-se em nove anos com flutuações 0,01°C (2020) a 0,3°C (2011), as atividades de meso e microescala, os efeitos locais e regionais ocasionaram chuvas moderadas e de média magnitudes com má distribuição inter anos, a similaridade das flutuações anômalas térmicas pode ser vista em França et al (20210.

**Figura 3:** Anomalia da temperatura média do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



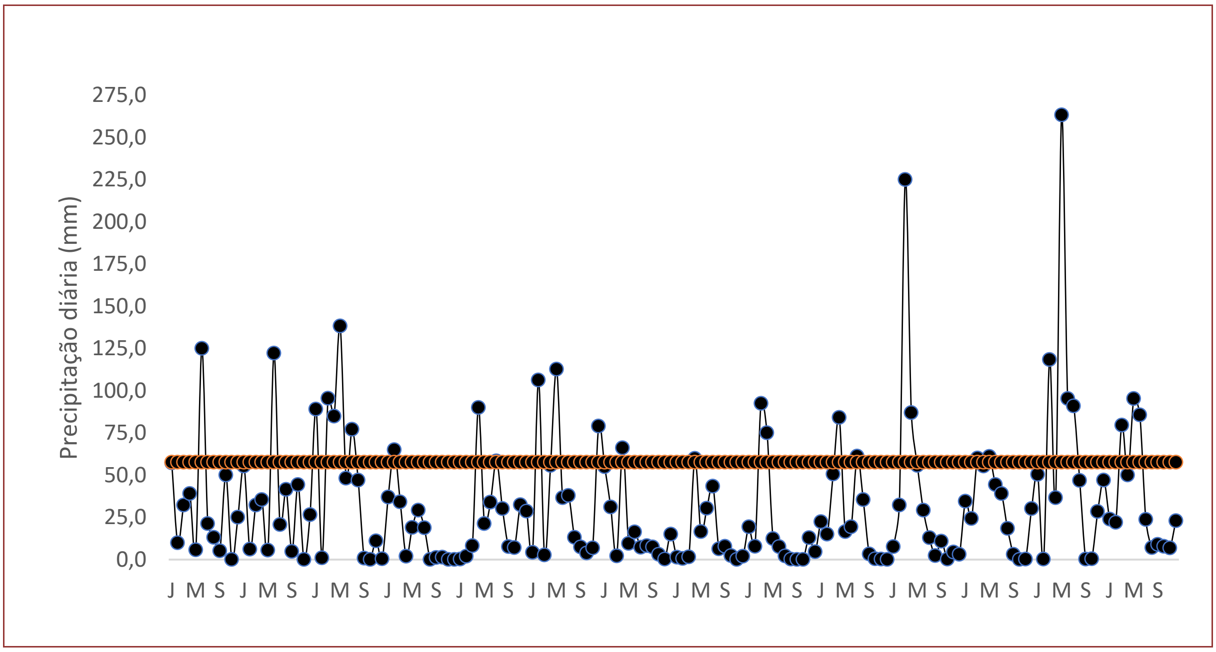

Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações pluviais mensais e interanuais de 2010-2023 estão representadas na figura 4, assim como também a média histórica pluvial do mesmo período estudado.

Com distribuição irregulares, de magnitudes e amplitudes diferenciadas entre os meses e inter anos, registra-se oscilações de 0,0 mm a 264,0 mm, as chuvas más destruídas ocasionam variações que são insuficientes para o represamento e abastecimento de água.

No período de 2010-2023 registraram-se média climatológica de 57,6 mm, salienta-se que as ocorrências de eventos extremos de chuvas seguidos de alta intensidade e magnitudes foram e serão esperadas conforme afirmação do IPCC (2021); IPCC (2022).

**Figura 4:** Precipitação diária e média climatológica do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

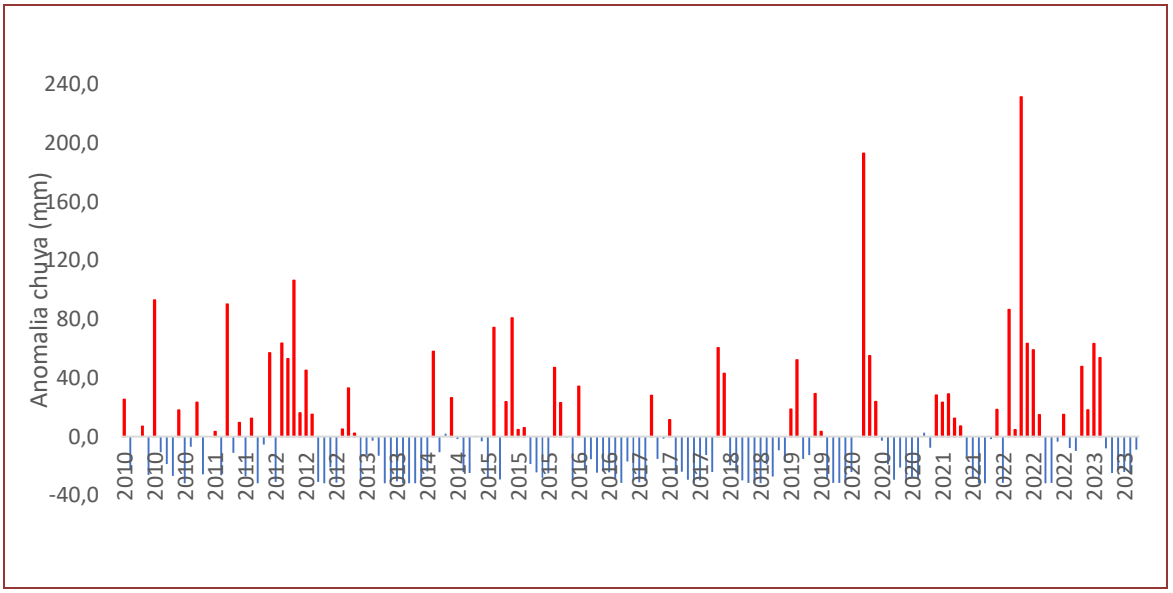



Fonte: Medeiros (2026).

As variabilidades parciais e irregulares com diferentes magnitudes e intensidades anômalas registradas na distribuição pluvial média do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, está representada na figura 5. Percebe-se que as atuações das anomalias positivas suas variabilidades e intensidades foram mais concentradas entre os anos de 2010 a 2012 e entre 2022 e 2023, as oscilações anômalas positivas fluíram de 0,2 mm a 230 mm, similaridades foram detectados por Medeiros (2018).

As anomalias negativas mostram suas predominâncias de maiores intensidades e variabilidades nos anos de 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 e 2020 com flutuações oscilando de 0,1 mm a 35 mm, estas flutuações foram ocasionadas pelas não atividades dos sistemas provocadores e inibidores de chuvas não região ocasionado pelos sistemas de bloqueios e as não atividades dos sistemas de meso e microescala.

**Figura 5:** Anomalia da precipitação média do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Matos et al. (2017) estudando o zoneamento agroclimático para o cultivo de palma forrageira no município de Barbalha - CE, verificaram que nos meses de outubro, novembro e dezembro ocorrem as temperaturas mais elevadas do ano, sendo este o trimestre mais quente do ano, e consequentemente o que possui as maiores demandas evapotranspiratórias da região. Estes resultados reafirmam os alcançados no presente estudo.

As flutuações mensais e anuais da evapotranspiração média do período de 2010-2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras estão representadas na figura 6.

As evapotranspirações maiores e menores registradas foi de 1554,8 mm (2015) e 1425,9 mm (2011) e suas flutuações mensais máximas registram-se em dezembro (2015) com 174,2 mm e em julho (2015) com 93,6 mm.

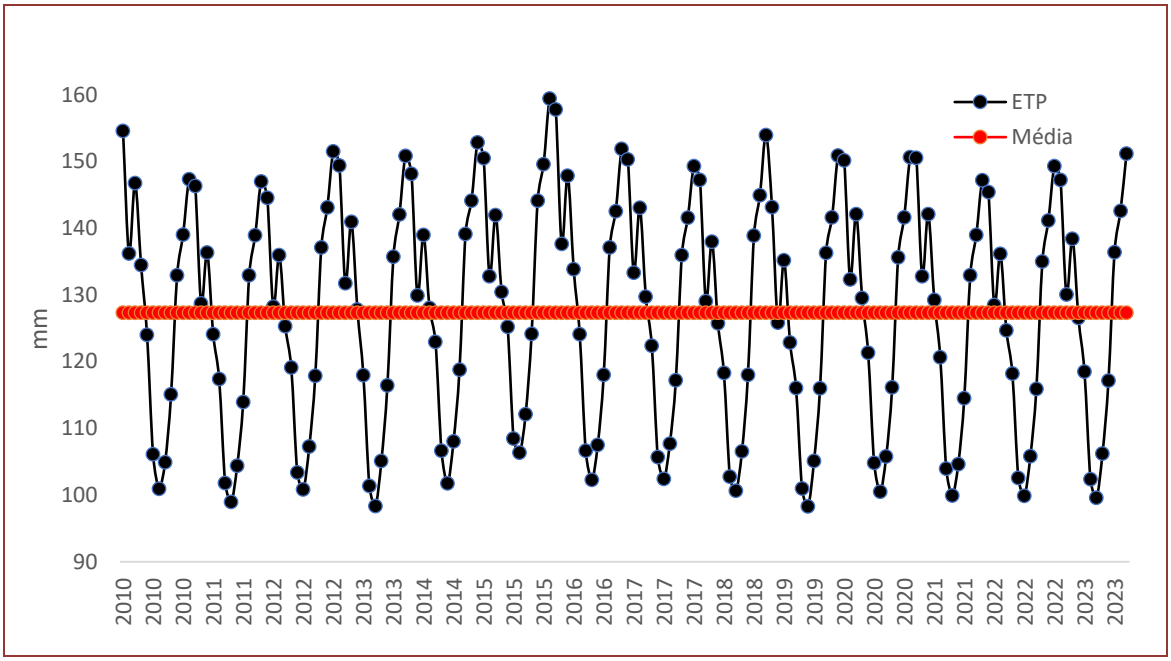
As flutuações mínimas evapotranspirativos registraram-se no ano de 2013 com 85,7 mm e seu poder evapotranspirativos máximo da menina foi de 147,3 mm (2021).

A ETP média é de 1474,8 mm e suas oscilações mensais fluem entre 88,6 mm (julho) a 155,1 mm (dezembro).

Os autores França et al (2019); Medeiros et al (2014) e Matos et al (2014) encontraram similaridade com as discussões e com os índices evapotranspirativos apresentadas neste artigo.

Na ocasião em que o solo não alcançar a suplementação da precipitação no acolhimento da evapotranspiração, acontecerá à deficiência hídrica (Borsato, 2012).

**Figura 6:** Evapotranspiração média do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



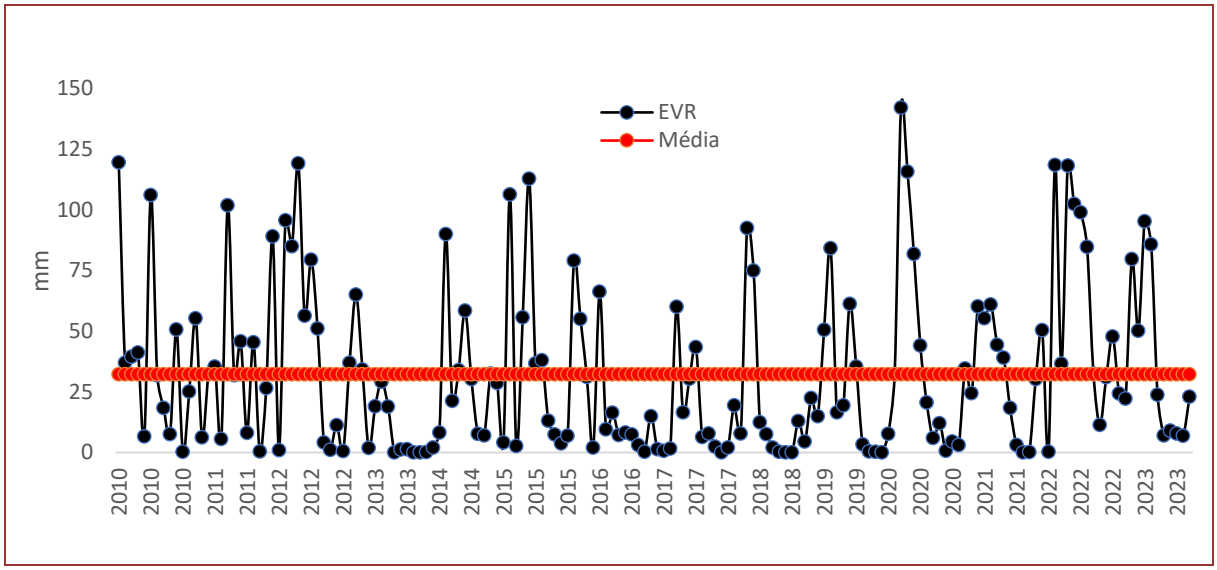

Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição da evaporação do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, está disponibilizada na figura 7. Suas flutuabilidades variam de 0,0 mm a 149,5 mm. Destaca-se os anos de 2010-2012 e 2022 e 2023 com as variabilidades evaporativas de gradiente, intensidade e amplitudes mais significativas do estudo.

As maiores e menores evaporação registradas foi de 150 mm (2022) e 125 mm (2010, 2012, 2015, e 2022) e suas flutuações mensais máximas registram-se em dezembro (2012) e em julho (2020).

Os autores Matos et al (2014); Medeiros et al (2014) e França et al (2019) depararam similaridade com as discussões e com os índices evaporativos.

**Figura 7:** Evaporação média do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

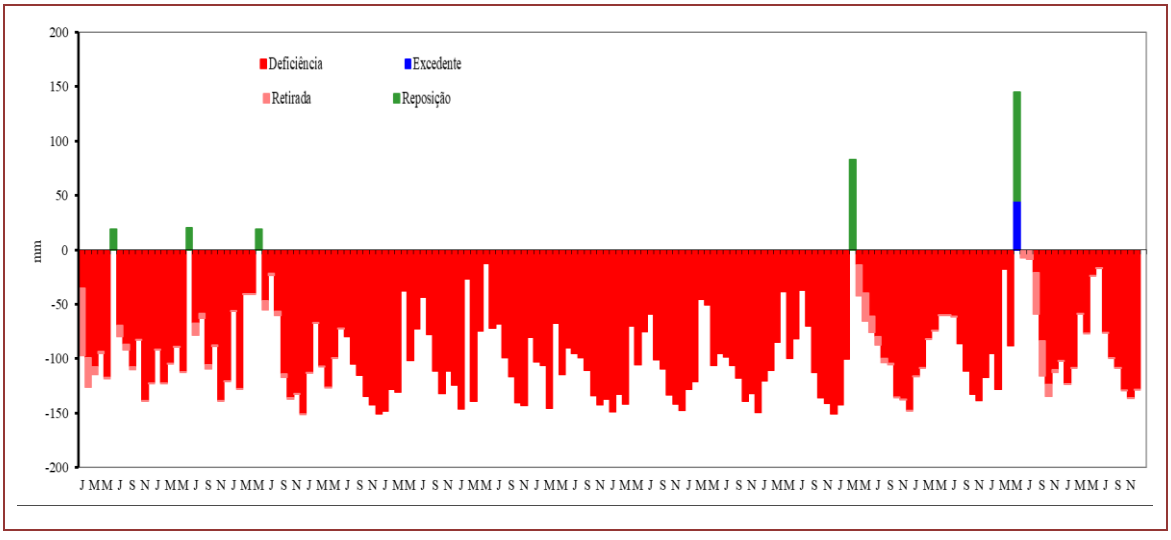



Fonte: Medeiros (2026).

As representações das deficiências e excedentes hídricos e das retiradas e reposição de água do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, estão alocadas na figura 8.

A predominância das deficiências hídricas e das retiradas de água no solo registra-se na maioria dos anos estudados, visto que a capacidade de campo (CAD 100 mm) não foram necessárias para suprir as necessidades do solo, as pequenas variabilidades de excedentes isoladamente registram-se em anos isolados, similaridade de discussões ocorrem também nos estudos de França et al (2019) e Matos et al (2020).

**Figura 8:** Deficiência hídrica do período de 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As chuvas registradas foram de magnitudes fortes a moderadas e de magnitudes e intensidades variadas, não contribuindo para a infiltração no solo tal variabilidade tem similaridade de acordo com o estudo de Souza et al (2017) e Medeiros (2018).

## CONCLUSÕES

As oscilações de redução e acréscimo na temperatura média verificadas neste estudo podem estar associadas ao crescimento urbano, desmatamento das áreas verdes, impermeabilização do solo, queimadas, focos de incêndios e o crescimento vertical da área urbana e rural. Estes elementos fazem com que uma maior parcela da sociedade viva nas cidades, fundindo aspectos de vida econômica, política, social e cultural, e como tal enfrentem um maior risco de danos climáticos.

A temperatura do ar apresenta aumento em todos os meses do ano, destacando-se a temperatura máxima, pelo aumento anômalo nos meses que compõem as estações de outono e primavera. Já para a temperatura mínima, o maior aumento é observado entre a primavera, verão e outono.

O BHS provê conhecimentos detalhados dos elementos climáticos do período estudado gerando informações extraordinárias aos tomadores de decisões governamentais e aos elaboradores de projetos pecuários, agrícolas, agronegócios, aos hortifrutigranjeiros entre visando um desenvolvimento sustentável das produções na área estudada.

O balanço hídrico sequencial muniu contribuições para a análise de valores extremos dos elementos estudadas para o período de 1981 a 2019.

Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia.

Os elementos meteorológicos: radiação, cobertura de nuvens, temperatura, velocidade do vento e pressão de saturação do vapor durante os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro aumenta o poder evaporativo os quais atingem valores extremos.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA. (2024). Agência executiva de água e clima do Estado da Paraíba. www.aesa.gov.br

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. & SPAROVEK, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift v.22, p.711–728.

**[3]** CAMARGO, A.P. (1971). Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 28p. (Boletim Técnico, 116).

**[4]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

**[5]** CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

**[6]** FRANÇA, M.V.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; MEDEIROS, R.M.; ROLIM NETO, F.C. Sequential Water Balance for The Municipality of Bom Jesus Piauí, Piauí State, Brazil. Ijsrm.Human, 2021; Vol. 19 (3): 111-128.

**[7]** FRANÇA, M.V.; FERRAZ, J.X.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; ROLIM NETO, F. C. (2019) Balanço hídrico entre 2000-2016 e seu comparativo com o ano de 2016 e sua influência do armazenamento de água no solo no município de Serra Talhada – PE. Tecnologias no contexto das vulnerabilidades ambientais. 1 ed.: Editora Itacaiúnas, v.1, p. 357-365. 2019.

**[8]** IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Painel on Climate Change. PÖRTNER, H.O. et al. (eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press, 3056 p., 2022.

**[9]** IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Painel on Climate Change. Masson-DELMOTTE, V. et al. (eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2391 p., 2021.

**[10]** MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; MEDEIROS, R.M.; SANTOS, B.D.B.; BARROS, A.S.; DANTAS NETO, J.; SABOYA, L.M.F. Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.3 (2020) 973-982.

**[11]** MATOS, R.M.; SILVA, J.A.S.; MEDEIROS, R.M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.8, n.6, p.422-431, 2014.

**[12]** MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R.M. Balanço hídrico sequencial para Lagoa Seca – Paraíba. – Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, e643974691, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4691

**[13]** MEDEIROS, R.M. (2018). Estudo agroclimatológico do Estado da Paraíba. p. 137.

**[14]** NANGOMBE, S.; ZHOU T.; ZHANG, W.; WU, B.; HU, S.; ZOU, L.; LI, D. (2018). Record-breaking climate extremes in África under stabilized 1.5 °C and 2 °C global warming scenarios. Nature Climate Change, v. 8, n. 4, p. 1-8.

**[15]** ROMANI, L.A.S.; BAMBINI, M.; COLTRI, P.P.; LUCHIARI-JUNIOR, A.; KOENIGKAN, L.V.; OTAVIAN, A. F.; EVANGELISTA, S.R.M.; ZULLO JR.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.D. 2016. Sistema de monitoramento agrometeorológico - Agritempo: inovação em rede apoiando políticas públicas e a tomada de decisão agrícola. Agrometeoros, 24, 29-40.

**[16]** SALVIANO, M.F.; GROPPO, J.D.; PELLEGRINO, G.Q. (2016). Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia [online] 31.

**[17]** SOUZA, M.H.C.; SANTOS, R.D.S.; VENTURA, K.M.; BISPO, R.C.; BASSOI, L.H. (2017). Balanço hídrico normal e sequencial para o município de Petrolina. IV INOVAGRI International Meeting, Anais... Fortaleza - CE, Brasil.

**[18]** SOUZA, S.O.; CORREIA, W.S.C.; FILETI, R.B.; VALE, C.C. (2014) Balanço hídrico da bacia hidrográfica do Rio Caravelas (BA) como subsídio ao planejamento agrícola. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 7, 83-92. 2014.

# Capítulo 17

## Comparativos dos balanços hídricos 2010 - 2022 com o balanço de 2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Cristiano José da Silva*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Romildo Morante de Holanda*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*

**Resumo:** Objetiva-se comparar as variabilidades dos balanços hídricos entre 2010-2022 e o ano de 2023 visando entender as relevâncias e seus comportamento sazonal dos elementos referentes aos respectivos balanços e suas oscilações para o povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba. Para o cálculo do BH 2010-2022 e do balanço hídrico de 2023 utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BHC. Os dados térmicos (oC) foram gerados pelo software Estima – T entre 2010-2022 e 2023. Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos. Como a falta d'água para a região do povoado Ribeira de Cabaceiras posicionada na região do semiárido paraibano é crítica mesmo em anos onde o período chuvoso normal e acima da média, os resultados obtidos entre os comparativos demostram que devem ser elaborados planejamentos e projetos com a finalidade de melhorar a captação de água de chuva visando dá uma melhor condição de vida a população loca. Verifica-se que não ocorreram excedentes hídricos nos anos estudados, os valores das deficiências foram mais significativos entre os anos 2010-2022 de que no ano 2023. A evapotranspiração potencial foi elevada em ambos os anos.

**Palavra-chave:** **Balanço** hídrico, deficiência e excedente hídrico, região semiárida, poder evaporativos.

## INTRODUÇÃO

Em diversas áreas e/ou regiões, a disponibilidade de recursos hídricos é adequada, porém mal distribuída geograficamente e temporalmente, os volumes de água armazenados são frequentemente sobre utilizados, quando deveriam propiciar vazões regularizadas visando o atendimento de demanda bem definidos e permitindo um equilíbrio entre a disponibilidade natural e a necessidade hídrica (Galvíncio et al., 2006).

Caetano et al, (2019) asseguram que não somente os conhecimentos sobre a distribuição da pluviometria adquiridas no Balanço Hídrico (BH) são importantes para uma região. Tem-se que se levar em consideração, a informação da probabilidade de ocorrência de eventos extremos, como precipitações máximas diárias e mensais, as quais vem ocasionando problemas em áreas agrícolas, pecuárias e urbanas (Saboya et al., 2022).

A estimativa do BH pelo método de Thornthwaite et al, (1955), permite a realização do monitoramento d'água no solo, é um método aplicado como instrumento de planejamento estratégico agropecuário, pecuário, industrial, ambiental e lazer no âmbito de gerenciamento dos recursos hídricos (Passos 2017).

Para Silva et al., (2017) o acréscimo populacional, coligado à extensão dos setores agropecuário, industrial e energético, vem alterando o crescimento constante e considerável de demanda mundial por água, tornando este recurso mais escasso.

O balanço hídrico (BH) consiste em contabilizar a disponibilidade hídrica do solo computando os fluxos positivos e negativos que decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, evaporação e evapotranspiração e do próprio movimento superficial e subterrâneo da água (Varejão Silva, 2005). Sendo possível estimar a evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC), assim como o armazenamento de água no solo (ARM), elaborados conforme escala mensal (Camargo, 1971; Pereira et al., 1997).

As informações do BH para a região semiárida são de fundamental importância visto que evidenciam a sustentabilidade da área, o planejamento e reestruturação dos solos, na implantação de espécies nativas e silvestres e finalmente auxiliam na elaboração de projetos e manejo das culturas. Sabemos que naturalmente o ambiente degradado demoraria muito tempo para se recuperar, a intervenção humana é condição indispensável para essa estruturação. É importante conhecer a distribuição de chuvas em sua área, pois o balanço hídrico do ponto de vista agronômico oferece um planejamento agrícola racional.

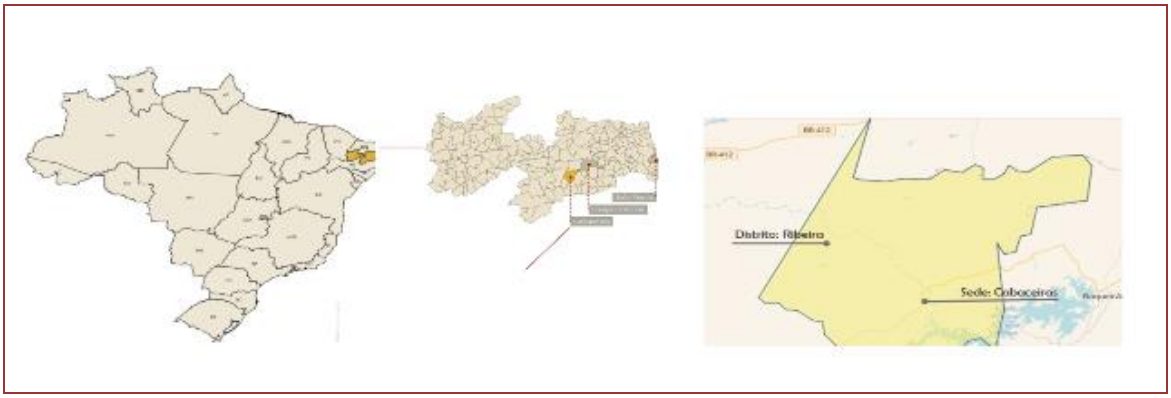
Objetiva-se comparar as variabilidades dos balanços hídricos entre 2010-2022 e o ano de 2023 visando entender as relevâncias e seus comportamento sazonal dos elementos referentes aos respectivos balanços e suas oscilações para o povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira está localizado na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1), o povoado limita-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2023). Posicionado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a

oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2023).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima  e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical , quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade e aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano Medeiros (2024). Segundo a classificação climática de Köppen (1928) e Köppen et al, (1931) o clima é do tipo BSH, o estudo de Alvares et al, (2014) corroboram com os resultados discutidos.

O povoado Ribeira de Cabaceiras insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No município situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa ou comumente conhecido como o açude de Boqueirão (AESA 2023).

Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista). Os dados térmicos foram gerados pelo software Estima – T disponível na página da Universidade Federal de Campina Grande entre 2010-2022 e 2023.

Para o cálculo do BH 2010-2022 e de sua comparação com o BH de 2023 utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BH.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os ecossistemas estão cada vez mais impactados, gerando uma crise ambiental intensa. Neste sentido, é possível citar uma série de consequências na natureza e no ambiente como um todo, devido ao alto índice de exploração humana, haja vista que o desequilíbrio da fauna e flora acarrete a tantas outras situações alarmantes, que refletem no cotidiano da humanidade.

A ação predatória do homem sobre os ecossistemas a curto e médio prazo conduzem o ambiente a um processo de instabilidade irreversível, modificando todo o ciclo biológico, social e cultural de determinadas regiões e/ou áreas afetando diretamente a geração presente e especialmente as futuras, é por isso que providências precisam ser tomadas a fim de que as gerações futuras possam ter os recursos necessários a uma vida socialmente justa.

Na tabela 1 observa-se as variabilidades dos elementos do balanço hídrico mensal compreendido entre 2010-2022. A temperatura oscila de 23,4°C (Julho) a 27°C (dezembro) registrando uma temperatura anual de 25,6°C. Com 378,9 mm de cota anual e suas flutuações oscilando de 4,6 mm (setembro) a 59,3 mm (abril). A ETP flui de 88,5 mm (julho) a 154,8 mm (dezembro) e com 1474,0 mm de índice anual. Os valores da EVR foram iguais aos índices pluviais, ou seja, tudo que choveu evaporou. Não ocorreu excedente hídrico visto que as chuvas registradas não conseguiram ultrapassou a CAD de 100 mm, estabelecido para o computo do BH. Com deficiência hídrica de 1095,1 mm anual e seus percentuais evapotranspirados mensal podem ser vistos na coluna Prec/ETP(%).

As oscilações pluviais não foram significativas para realizar excedentes pois não ultrapassaram a CAD trabalhada, os sistemas de bloqueios, a má distribuição pluvial e as atuações dos sistemas de meso e microescala seguidamente das não atualizações dos sistemas local e regional deixando os anos seco a muito seco ocasionados por sistemas transientes de larga escala. Resultados similares foram encontrados por Araújo et al, (2021); Medeiros (2018).

**Tabela 1:** Representações dos valores dos elementos temperatura, precipitação, evapotranspiração, evaporação, deficiências, excedentes hídricos e dos Prec/ETP*100(%) e Prec/EVR*100(%) do período 2010-2022 no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

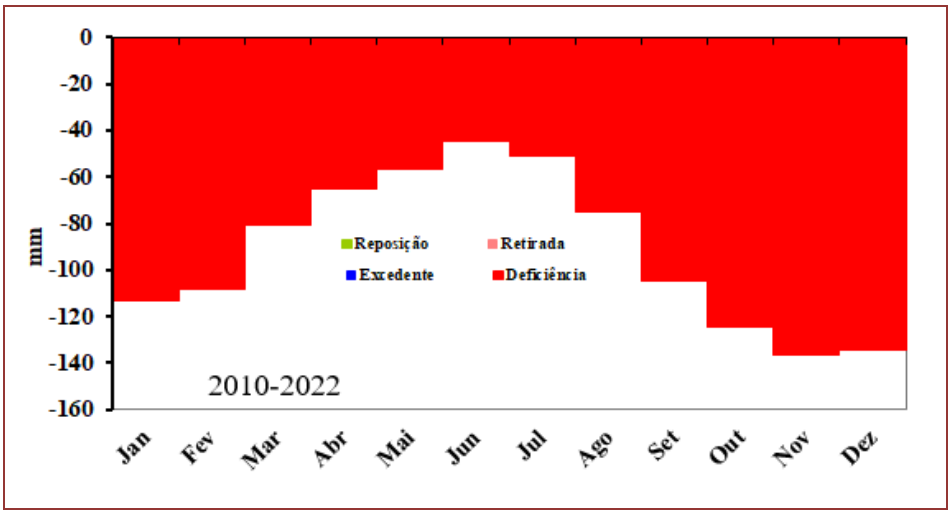
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 33,4 | 146,3 | 33,4 | 112,9 | 0,0 | 22,8 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,6 | 23,2 | 108,4 | 0,0 | 17,7 | 100,0 |
| Março | 26,3 | 58,1 | 139,0 | 58,1 | 80,9 | 0,0 | 41,8 | 100,0 |
| Abril | 25,9 | 59,3 | 124,4 | 59,3 | 65,1 | 0,0 | 47,7 | 100,0 |
| Maio | 25,1 | 56,8 | 113,4 | 56,8 | 56,6 | 0,0 | 50,1 | 100,0 |
| Junho | 24,0 | 49,1 | 93,9 | 49,1 | 44,9 | 0,0 | 52,2 | 100,0 |
| Julho | 23,4 | 37,8 | 88,5 | 37,8 | 50,7 | 0,0 | 42,7 | 100,0 |
| Agosto | 23,9 | 20,2 | 95,2 | 20,2 | 75,0 | 0,0 | 21,2 | 100,0 |
| Setembro | 25,0 | 4,6 | 109,6 | 4,6 | 105,0 | 0,0 | 4,2 | 100,0 |
| Outubro | 26,1 | 8,7 | 133,4 | 8,7 | 124,7 | 0,0 | 6,5 | 100,0 |
| Novembro | 26,8 | 7,5 | 143,8 | 7,5 | 136,3 | 0,0 | 5,2 | 100,0 |
| Dezembro | 27,0 | 20,1 | 154,8 | 20,1 | 134,7 | 0,0 | 13,0 | 100,0 |
| Ano | 25,6 | 378,9 | 1474,0 | 378,9 | 1095,1 | 0,0 | 25,7 | 100,0 |

Fonte: Medeiros, (2026).

Na Figura 2. Tem-se a representatividade gráfica do balanço hídricos dos anos 2010-2022 no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. As variabilidades pluviais no período analisado não foram suficientes para ultrapassar a capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) o que contribuiu para registra-se deficiências hídricas de moderada a forte no período estudado.

As cotas pluviais foram reduzidas pelos bloqueios atmosféricos, a má distribuições e auxílios dos sistemas de meso e microescala e a ausência dos efeitos regionais e local, o estudo de Araújo et al, (2021); França et al, (2020) e Medeiros (2018) corroboram com as discussões.

**Figura 2:** Representatividade gráfica do balanço hídricos dos anos 2010-2022 no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As representações dos valores dos elementos do balanço hídrico como: temperatura, precipitação, evapotranspiração, evaporação, deficiências, excedentes hídricos e dos Prec/ETP*100 e Prec/EVR*100 do ano 2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba estão demostrados na tabela 2.

Os índices evaporativos foram iguais aos pluviais, não se registrou excedentes hídrico visto que as chuvas não foram necessariamente inferiores a CAD. Na coluna Prec/ETP(%) tem os valores evapotranspirado mensalmente em relação aos índices pluviais. Evapotranspirou no ano de 2023 1469,9 mm, precipitou 434,4 mm, as deficiências hídricas atingiram o valor de 1035,5 mm anual e sua temperatura anual foi de 25,6 mm.

Os valores pluviais registrados no ano estudado não foram necessários para atingir ou ultrapassa o valor da CAD ocasionado chuvas más distribuídas e irregulares sem auxílios dos elementos provocadores e/ou ocasionadores de chuva na região.

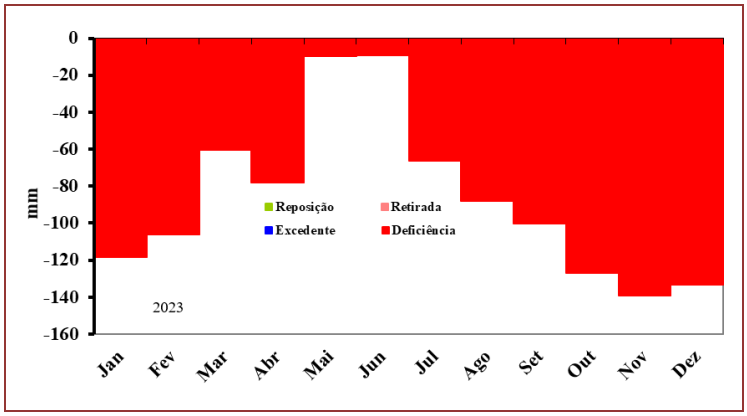
**Tabela 2:** Representações dos valores dos elementos temperatura, precipitação, evapotranspiração, evaporação, deficiências, excedentes hídricos e dos Prec/ETP*100 e Prec/EVR*100 do período 2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,6 | 24,0 | 142,3 | 24,0 | 118,3 | 0,0 | 16,9 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,4 | 22,1 | 128,3 | 22,1 | 106,2 | 0,0 | 17,2 | 100,0 |
| Março | 26,4 | 79,7 | 140,1 | 79,7 | 60,4 | 0,0 | 56,9 | 100,0 |
| Abril | 26,1 | 50,1 | 128,1 | 50,1 | 78,0 | 0,0 | 39,1 | 100,0 |
| Maio | 24,5 | 95,3 | 104,8 | 95,3 | 9,5 | 0,0 | 90,9 | 100,0 |
| Junho | 24,1 | 85,7 | 94,7 | 85,7 | 9,0 | 0,0 | 90,5 | 100,0 |
| Julho | 23,6 | 23,8 | 90,3 | 23,8 | 66,5 | 0,0 | 26,4 | 100,0 |
| Agosto | 23,9 | 7,0 | 95,1 | 7,0 | 88,1 | 0,0 | 7,4 | 100,0 |
| Setembro | 25,0 | 9,0 | 109,1 | 9,0 | 100,1 | 0,0 | 8,3 | 100,0 |
| Outubro | 26,2 | 7,8 | 134,7 | 7,8 | 126,9 | 0,0 | 5,8 | 100,0 |
| Novembro | 26,9 | 6,9 | 146,0 | 6,9 | 139,1 | 0,0 | 4,7 | 100,0 |
| Dezembro | 27,1 | 23,0 | 156,4 | 23,0 | 133,4 | 0,0 | 14,7 | 100,0 |
| Ano | 25,6 | 434,4 | 1469,9 | 434,4 | 1035,5 | 0,0 | 29,6 | 100,0 |

Fonte: Autores (2026).

A figura 3 demonstram o gráfico do BH para o ano de 2023 onde a distribuição foi um pouco melhor que a do período 2010-2022. Observa-se que nos meses de maio e junho a deficiência foi a menor e de julho a abril as variações foram de moderadas a forte. No seu comparativo entre as figuras 2 e 3 destaca-se a intensidade das deficiências hídricas no gráfico do período de 2010-2022, ocasionada pela má distribuição pluvial e a não contribuições dos efeitos locais e regionais. O estudo de Araújo et al, (2021) corroboram com os resultados apresentados.

**Figura 3:** Representatividade gráfica do balanço hídricos do ano de 2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Os modelos agrometeorológico e a interpretação de dados climáticos relacionados com o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas fornecem informações que permitem ao setor agrícola tomar importantes decisões, tais como: melhor planejamento do uso do solo, adaptação de culturas, monitoramento e previsão de safras, controle de pragas e doenças estratégias de pesquisa e planejamento (LAZINSKI, 1993).

A representação dos índices umidade, aridez e hídrico de 2010-2022 e 2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba (Tabela 3) demonstram poucas variabilidades entre seus comparativos, destacando os índices de umidade e aridez com de maiores

flutuações, os índices de umidades foram elevados por causa de alguns anos os índices pluviais terem sidos chuvosos, já os índices hídricos devem-se as flutuações pluviais e o poder evapotranspirativos da região, estas variabilidades corroboram com o estudo de Medeiros (2018)

**Tabela 3:** Representações dos índices hídricos, aridez e de umidade para os períodos 2010-2022 e 2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

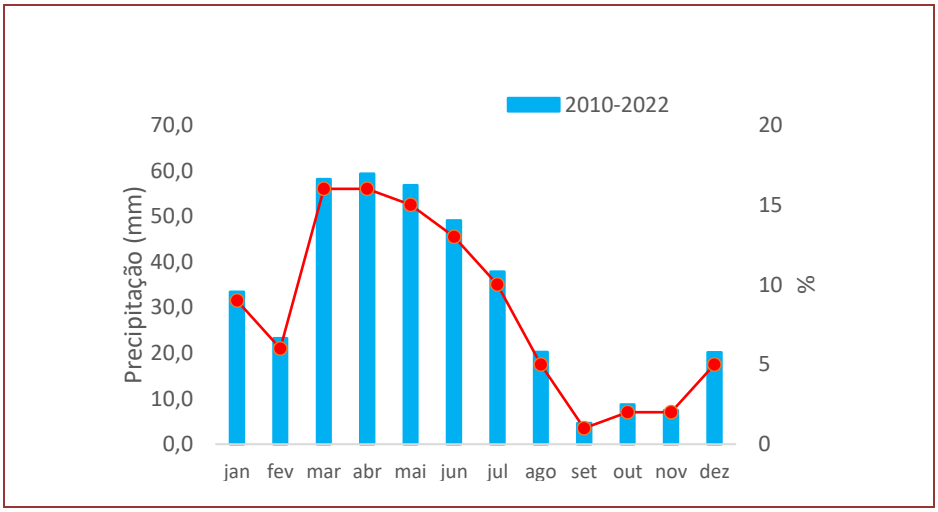
| Índices | Anos | |
|---|---|---|
| | 2010-2022 | 2023 |
| Umidade | 74,29 | 70,45 |
| Aridez | 0,74 | 0,70 |
| Hídrico | -0,45 | -0,42 |

Fonte: Medeiros, (2026)

Na Figura 4 observam-se a distribuição mensal pluvial e seu percentual em relação à média histórica anual no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2022. A precipitação do período chuvoso representa 70% do total anual, o período seco representa apenas 10% da precipitação anual, 10% das chuvas foram registradas para os meses de transições entre os períodos chuvosos e secos, tais variabilidades estão em conformidade com as informações cedidas pela da AESA (2023).

O período chuvoso corresponde aos meses de março a julho, o período seco agosto a novembro e os meses de transições dezembro a fevereiro. Destaca-se ainda que as ocorrências de chuvas fortes e de alta magnitudes são esperadas principalmente nos meses da estação chuvosa, todavia, podem ocorrer em qualquer época do ano. Estas variabilidades corroboram com o estudo de Medeiros (2018).

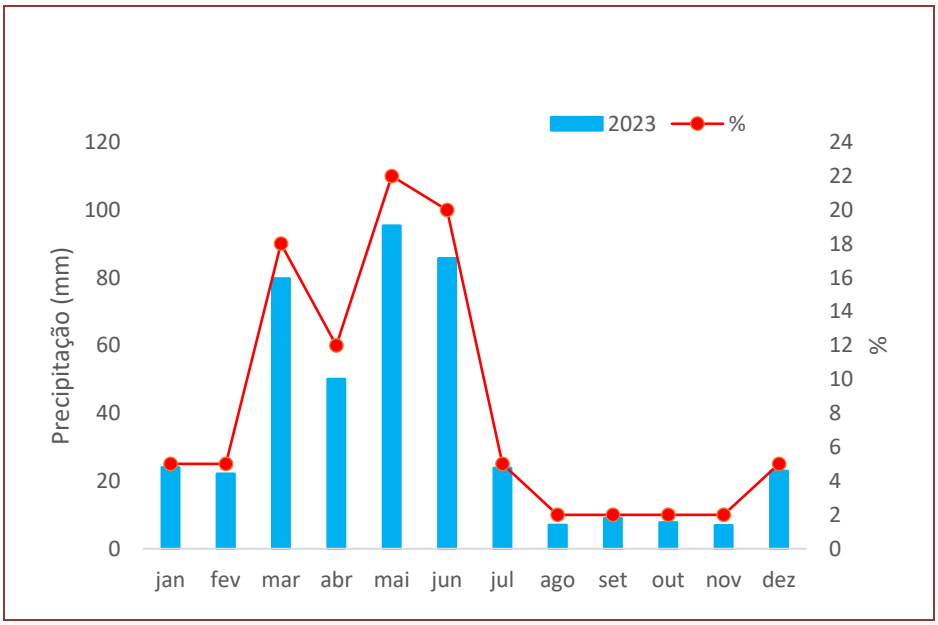
**Figura 4:** Distribuição mensal pluvial e seu percentual em relação à média histórica anual no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2022.




Fonte: Autores (2026).

Com variabilidade irregulares ocasionadas pela má distribuição pluvial devido aos bloqueios atmosféricos e a não contribuição dos sistemas local e regional (Figura 5) tem-se que durante o período chuvoso registrou-se 77% dos valores anuais pluvial e 33% de ocorrência pluvial anual para o período seco. O estudo de Araújo et al, (2021) corroboram com os resultados apresentados.

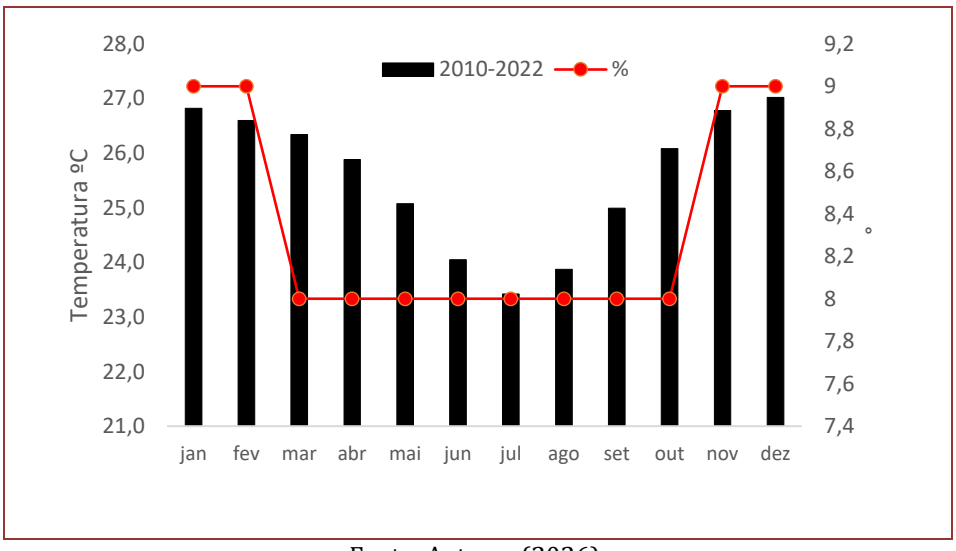
**Figura 5:** Distribuição mensal pluvial e seu percentual em relação à média histórica anual no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba em 2023.




Fonte: Autores (2026).

As variabilidades térmicas do período 2010-2022 no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba está representado na Figura 6 com 58% de variabilidade térmica para os meses de janeiro a maio e 42% entre agosto a dezembro, estas variabilidades corroboram com as discussões do IPCC (2014); IPCC (2021) e Barreto et al (2009).

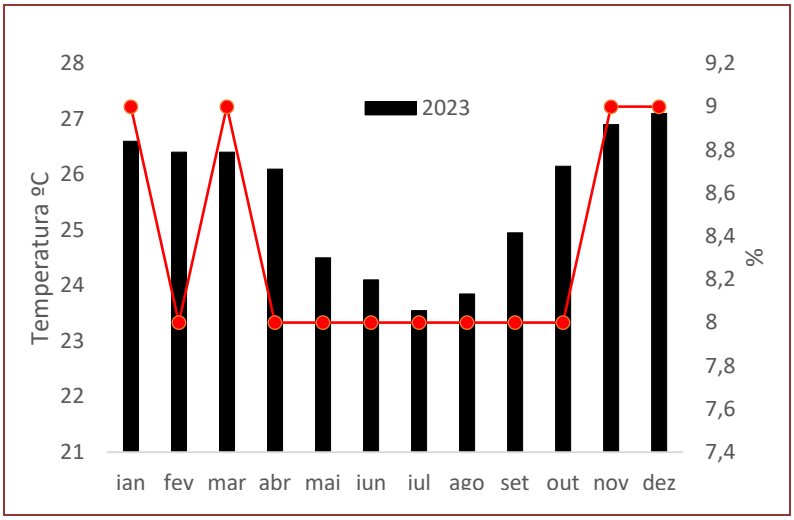
**Figura 6:** Distribuição da temperatura mensal e seu percentual em relação à média anual no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba no período 2010-2022.




Fonte: Autores (2026).

O ano de 2023 praticamente igualou-se ao período de 2010-2022 com pequena modificação que a reta de % ficaram abaixo dos valores térmicos isto é ocasionado pela variabilidade dos sistemas local e regional, o estudo de Lima et al, (2009) tem similaridades com os resultados.

**Figura 7:** Distribuição temperatura mensal e seu percentual em relação à média anual no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba no ano 2023.




Fonte: Autores (2026).

## CONCLUSÕES

Como a falta d'água para a região do povoado Ribeira de Cabaceiras posicionada na região do semiárido paraibano é crítica mesmo em anos onde o período chuvoso normal e acima da média, os resultados obtidos entre os comparativos demostram que devem ser elaborados planejamentos e projetos com a finalidade de melhorar a captação de água de chuva visando dá uma melhor condição de vida a população loca.

Os resultados indicam que os índices pluviométricos não serão suficientes para vários tipos de culturas, sendo assim inviável para este povoado o desenvolvimento de práticas agrícolas, para determinadas culturas que precisa de água de irrigação.

Verifica-se que não ocorreram excedentes hídricos nos anos estudados, os valores das deficiências foram mais significativos entre os anos 2010-2022 de que no ano 2023

A evapotranspiração potencial foi elevada em ambos os anos estudados.

## REFERÊNCIAS

**[1]** AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2023.

**[2]** ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. SPAROVEK, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift v.22, p.711–728.

**[3]** BARRETO, P. N.; SILVA R. B. C.; SOUZA, W. S.; COSTA, G. B.; NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, B. S. B. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte. CD-ROM. 2009.

**[4]** CAETANO, A. L., BARBOSA, F. S. (2019). Probabilidade de ocorrência de chuvas extremas para a região de Inconfidentes –MG. Revista Brasileira de Climatologia, 25(1),537-548

**[5]** CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. Prescrição de rega por modelo climatológico. Fundação Cargill. Campinas, 1971. 27p.

**[6]** FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R.; HOLANDA, R. M. Balanço hídrico para diferentes capacidades de campo e a variabilidade erosiva pluvial no munícipio de Amparo de São Francisco – SE, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. eXX, (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409.

**[7]** Köppen, W, (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[8]** Köppen, W, Geiger, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

**[9]** LAZINSKI, L. R. Variabilidade da utilização do modelo Soygro para a região de Londrina, PR. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP, Piracicaba, 1993.

**[10]** LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

**[11]** MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológicos para o Estado da Paraíba. p.128. Divulgação avulsa. 2018.

**[12]** MEDEIROS, R. M., MEDEIROS, A. M. T., LIMA, R. C. C. Estudos dos elementos meteorológicos do Município de Gilbués. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, SESC, Guarapari, 2011.

**[13]** PASSOS, M. L. V., ZAMBRZYCKI, G. C., PEREIRA, R. S. (2017). Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas -MA. Revista Scientia Agraria,18(1), 83-89

**[14]** SABOYA, L. M. F., MEDEIROS, R. M., HOLANDA, R. M., FRANÇA, M. V., ARAÚJO, W. R., CUNHA FILHO, M. (2022). Probabilidade de chuvas em Bom Jesus -Piauí, Brasil. Research, Society and Development,11(3), e32411326609.

**[15]** SILVA, S. N., LOPES, F. G., ANDRADE, F. E., FERREIRA, C. B., DANTAS, M. C. A. M., SIQUEIRA, E. C. (2017). Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável,

**[16]** THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

**[17]** THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

# Capítulo 18

## Classificação climática de Thornthwaite e Köppen para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil utilizando do cálculo do balanço hídrico climatológicos

*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Cristiano José da Silva*
*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Romildo Morante de Holanda*
*Raimundo Mainar de Medeiros*

**Resumo:** O artigo tem o objetivo de analisar as flutuações hídricas através do computo do balanço hídrico onde se realizara as classificações climáticas pelos métodos de Thornthwaite e Köppen para o Povoado Ribeira de Cabaceiras entre 2010-2023. Utilizaram-se dados mensais pluviais interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos. Os dados térmicos (oC) foram gerados pelo software Estima – T para o mesmo período. Para o cálculo do BHC utilizado foi o método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2016), o valor da capacidade de água disponível no solo foi de 100 mm, a efetivação do BHC. Para desenvolver-se a classificação do método de Thornthwaite, utilizou-se dados de excedentes e deficiências hídricas anuais e determinaram os índices: hídrico, aridez e umidade. Os índices pluviais para o povoado em estudo apresentaram pluviometrias isoladas e irregulares devidos seus dados serem interpolados, e nos mostra que no trimestre setembro, outubro e novembro registras as menores pluviometria, salienta-se que ocorrências de chuvas extremas e de curta duração vem ocorrendo na região devidos as mudanças climáticas. A temperatura anual é de 25,6°C, o mês frio (julho) registra temperatura de 23,4°C e no mês quente (dezembro) a temperatura é de 27,0°C. As classificações de Thornthwaite consentiram separar eficazmente os climas na área em estudo, obtendo os tipos: C1A'S2a' no período normal, no período chuvoso o tipo é C2C'1a', no período regular obteve-se o tipo C2B'2a', no período seco o tipo de clima foi classificado como C2E'Ra'. As condições evapotranspirativos, evaporativas e as deficiências hídricas são elevadas, não existindo excedente hídrico entre os meses na série estudado

**Palavras-chave:** Temperatura do ar, Evapotranspiração potencial, Região Semiárido, Classificações climáticas, excedentes e deficiências hídrica.

## INTRODUÇÃO

Segundo a EMBRAPA (2014) a região Nordeste (NEB), exibe um forte feitio para o crescente aumento da produção agropecuária. Sales et al., (2018) mostraram que o aumento populacional e consequentemente a elevação da demanda alimentar, é uma das preocupações da humanidade para as últimas décadas, visando à disponibilidade de água em diversos panoramas nacionais e internacionais. Restringindo o evento do setor agrícola desta região a qual se refere a ineficiência da preservação dos recursos hídricos e baixas recargas hídricas, ocasionando impacto na expansão agrícola.

Absorvendo o impacto do clima semiárido, e sendo propício à erosão e desertificação, o planejamento adequado dos recursos hídricos se torna a base para uma agricultura sustentável. Uma forma adequada para dimensionar a utilização d'água é pela aplicação do Balanço Hídrico, que permite conhecer a disponibilidade hídrica local do solo, permitindo também realizar a classificação climática de uma determinada área (Santos et al., 2010).

Cunha et al, (2009) demostraram que o modelo de classificação climática objetiva definir os limites geográficos dos diversos tipos de clima que acontecem no mundo por meio da descrição e mapeamento das suas regiões climáticas, para tanto tem-se a necessidade em identificá-las e classificá-las em desiguais tipos. Andrade Júnior et al. (2005) mencionaram que a classificação climática aponta a identificação de zonas climáticas e biogeográficas homogêneas, munindo de indicações valiosas sobre as condições ecológicas, potencialidades agrícolas e o meio ambiente regional. Deste modo, as condições climáticas anuais se tornam importante ferramenta para um projeto agrícola adequado (Sentelhas et al., 2008; Silva et al., 2010).

Holanda et al, (2019) efetivar as classificações climáticas por meio dos modelos: Köppen e Thornthwaite para Bom Jesus Piauí, gerando informações importantes para o planejamento e racionalização das suas diversas atividades produtivas e de políticas das atividades agrícolas. As classificações climáticas de Thornthwaite consentiram separar eficazmente os climas na área em estudo. As condições evapotranspirativos, evaporativas, e as deficiências hídricas são elevadas, não se registrou excedente hídrico entre os meses estudado. A classificação de Köppen para o clima do município estudado é do tipo "Aw", conforme a classificação de Thornthwaite o clima é do tipo $B_2rA'a'$.

Medeiros et al. (2018) realizaram a classificação climática de Köppen para o estado de Pernambuco, utilizaram-se da interpolação Kriging. As classificações mostraram-se sensíveis à orografia, a pluviometria e às variações térmicas, resultando em três tipos climáticos, tipo "AS" em 108 municípios, o tipo semiárido quente com precipitação de verão e inverno seco (BSh) foi registrado em 55 municípios e o tipo "Am" predominou em 20 municípios. Os autores mostraram que o sistema de classificação climática de Köppen é eficiente apenas para a macro escala e com baixas capacidades para separar os tipos de clima, levando em consideração a temperatura do ar, as chuvas e os elementos resultantes do balanço hídrico.

Mazon et al. (2017) assumem que é importante ressaltar a classificação de Köppen que é baseada apenas nos valores médios pluviais e térmicos. Embora os climatologistas e meteorologistas que analisam o clima histórico sejam capazes de reconstruir as condições climáticas do passado (Pino et al., 2016), muitas vezes limitam sua análise da diversidade climática ao uso dessas variáveis, primeiro porque os registros térmicos e

pluviais são os mais comuns e, segundo, porque é fácil medir variáveis por meio da rede de estações meteorológicas automáticas, assim como do banco de dados meteorológicos históricos.

Medeiros et al, (2021) realizaram as classificações climáticas, utilizando-se o modelo do aplicativo de Köppen para a área da Zona da Mata Pernambucana, com a elaboração de gráficos e tabelas. O modelo de classificação de Köppen identificou duas características climáticas: do tipo "Am" em 12 municípios e o tipo "As" predominando em 32 municípios. A altitude é um componente de controle climático, pois devido ao efeito da gravidade, a densidade da atmosfera diminui com a altura.

Para Meis et al. (1981) a analise pluviais no decorrer do tempo podem serem realizadas de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral e dos seus padrões habituais e extremos. As mudanças no ciclo hidrológico tendem a propiciar arrefecimento dos recursos hídricos que são essenciais para vida, seu uso se faz nas mais diversas atividades como agricultura e no dia-dia das pessoas (DANTAS et al., 2007). A agricultura segundo Salati et al. (2006) utiliza 70% de toda água potável do mundo. Em razão disso, estudos vêm se desenvolvendo na busca de metodologias que possibilitem maior economia de água em todo o planeta.

O artigo tem o objetivo de analisar as flutuações hídricas através do computo do balanço hídrico onde se realizara as classificações climáticas pelos métodos de Thornthwaite e Köppen para o Povoado Ribeira de Cabaceiras entre 2010-2023.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental (Figura 1) e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2023). Situado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2023) (Figura 1).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC),

auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano (Medeiros 2024).

O povoado Ribeira de Cabaceiras insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No município situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa ou comumente conhecido como o açude de Boqueirão (AESA 2023).

Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista). Os dados térmicos ($^{o}$C) foram gerados pelo software Estima – T disponível na página da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) entre 2010-2023.

Para o cálculo do BHC utilizado foi o método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2016), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BHC.

Para o desenvolvimento da classificação Climática pelo método de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1955), utilizou-se dos dados de excedentes hídricos (EXC) e das deficiências hídricas (DEF) anuais obtida do BHC para determinar os índices: hídrico ($I_h$), aridez ($I_a$) e umidade ($I_u$), dada pelas Equações 1, 2 e 3.

$$I_h = (EXC/ETP) \times 100 \quad (1)$$

$$I_a = (DEF/ETP) \times 100 \quad (2)$$

$$I_u = (I_h - 0{,}6) \times I_a \quad (3)$$

Onde:

EXC = excedente hídrico, em mm;

ETP = evapotranspiração total, em mm;

DEF = deficiência hídrica, em mm;

$I_h$ = índice hídrico;

$I_a$ = índice de aridez;

$I_u$ = índice de umidade.

Após os cálculos de índice de umidade, consultou-se a chave para determinar o tipo climático da área estudada (Tabela 1). Logo em seguida, com as disponibilidades dos índices de aridez e hídrico determinam-se os subtipos climáticos (Tabela 2). Além disso classificou-se o tipo de clima quanto ao índice térmico, que são definidos com base na evapotranspiração potencial anual, e os seus subtipos que dependem da relação porcentual ETP no verão/ETP anual (Tabela 3 e 4).

Na Tabela 1 tem-se as chaves iniciais para a realização da classificação climática segundo o modelo de Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

**Tabela 1:** Chave inicial para a classificação climática segundo o modelo de Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

| Tipos Climáticos | Índice de Umidade ($I_u$) |
|---|---|
| A -Superúmido | $100 \leq I_u$ |
| $B_4$ – Úmido | $80 \leq I_u < 100$ |
| $B_3$ – Úmido | $60 \leq I_u < 80$ |
| $B_2$ – Úmido | $40 \leq I_u < 60$ |
| $B_1$ – Úmido | $20 \leq I_u < 40$ |
| $C_2$ - Subúmido | $00 \leq I_u < 20$ |
| $C_1$ - Subúmido seco | $-33{,}33 \leq I_u < 00$ |
| D - Semiárido | $-66{,}7 \leq I_u < -33{,}33$ |
| E – Árido | $-100 \leq I_u < -66{,}7$ |

Fonte: Pereira et al. (2007).

A Tabela 2 mostra a segunda chave – subtipos climáticos, segundo o modelo de Thornthwaite, baseado nos índices de aridez e umidade.

**Tabela 2:** Segunda chave – subtipos climáticos, segundo o modelo de Thornthwaite, baseado nos índices de aridez e umidade.

| Climas úmidos (A, $B_4$, $B_3$, $B_2$, $B_1$ e $C_2$) | Índice de Aridez ($I_a$) | Climas secos ($C_1$, D e E) | Índices de umidade ($I_u$) |
|---|---|---|---|
| r- pequena ou nenhuma deficiência de água | 0 – 16,7 | d- pequeno ou nenhum excesso de água | 0-10 |
| s- moderada deficiência no verão | 16,7-33,33 | s- moderado excesso de inverno | 10-20 |
| W - Moderada deficiência no inverno | 16,7-33,33 | w- moderado excesso de verão | 10-20 |
| $S_2$- grande deficiência no verão | ➢ 33,33 | $S_2$- largo excesso de inverno | 20 |
| $W_2$ - grande deficiência no inverno | ➢ 33,33 | W2- largo excesso de verão | 20 |

Fonte: Pereira et al. (2007).

Na Tabela 3 tem-se a terceira chave para a classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

**Tabela 3:** Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

| Tipos climático | Índice térmico (ETo anual) |
|---|---|
| A' - megatérmico | ≥ 1.140 |
| B'4 - mesotérmico | 997 – 1.140 |
| B'3 - mesotérmico | 855 – 997 |
| B'2 - mesotérmico | 712 – 855 |
| B'1 - mesotérmico | 570 – 712 |
| C'2 - microtérmico | 427 – 570 |
| C'1 - microtérmico | 285 – 427 |
| D' – tundra | 142 – 285 |
| E' – gelo perpétuo | < 142 |

Fonte: Pereira et al. (2007).

A Tabela 4 mostra a quarta chave para a classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).

**Tabela 4:** Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).

| Subtipo climático | Concentração da ETP no verão (%) |
|---|---|
| a' | < 48% |
| b'4 | 48 – 51,9 |
| b'3 | 51,9 – 5673 |
| b'2 | 56,3 – 61,6 |
| b'1 | 61,6 – 68,0 |
| c'2 | 68,0 – 76,3 |
| c'1 | 76,3 – 88,00 |
| d' | > 88,00 |

Fonte: Pereira et al. (2007).

## MÉTODO DE KÖPPEN (1931)

Este método baseia-se na classificação de várias regiões, tipos e variabilidades climáticas (SOUZA et al, 2013) indicado por três letras, indicando grupo (Tabela 5), do indicador de tipo (Tabela 6) e indicador do subtipo (Tabela 7).

A Tabela 5 mostram a caracterização do indicador de grupo climático para o Método de Köppen.

**Tabela 5:** Caracterização do indicador de grupo climático

| Código | Tipo de clima | Descrição |
|---|---|---|
| **A** | Tropical | Climas megatérmicos: T média do mês mais frio > 18°C; Estação invernosa ausente; P anual superior a ETP anual. |
| **B** | Árido | Climas secos (P anual <500 mm); ETP anual superior a P anual; Inexistência de cursos d'água permanentes. |
| **C** | Temperado | Climas mesotérmicos; T média do mês mais frio entre -3 e 18°C (considerando a mínima média)*; T média do mês mais quente > 10°C; Verão e inverno bem definidas. |
| **D** | Continental | Climas microtérmicos; T média do ar do mês mais frio< -3°C; T média do mês mais quente > 10°C; Verão e inverno bem definido. |
| **E** | Glacial | Climas polares e de alta montanha; T média no mês mais quente < 10°C; Verão pouco definida ou inexistente. |

Na Tabela 6 tem-se as caracterizações do indicador de tipo climático para o Método de Köppen.

**Tabela 6:** Caracterização do indicador de tipo climático.

| Código | Descrição | Grupo |
|---|---|---|
| S | Clima das estepes; P anual média entre 380 e 760 mm. | B |
| W | Clima desértico; P anual média < 250 mm | B |
| f | Clima úmido; Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; Inexistência de estação seca definida; P do mês mais seco > 60 mm. | A-C-D |
| w | Chuvas de verão. | A-C-D |
| s | Chuvas de inverno. | A-C-D |
| w' | Chuvas de verão-outono. | A-C-D |
| s’ | Chuvas de inverno-outono. | A-C-D |
| m | Clima de monção; P anual média >1500 mm e P do mês mais seco <60 mm | A |
| T | T média do ar no mês mais quente entre 0 e 10°C | E |
| F | T média do mês mais quente < 0°C. | E |
| M | P abundante (inverno pouco rigoroso). | E |

Na Tabela 7 mostra a caracterização do indicador de subtipo climático para o Método de Köppen.

**Tabela 7:** Caracterização do indicador de subtipo climático

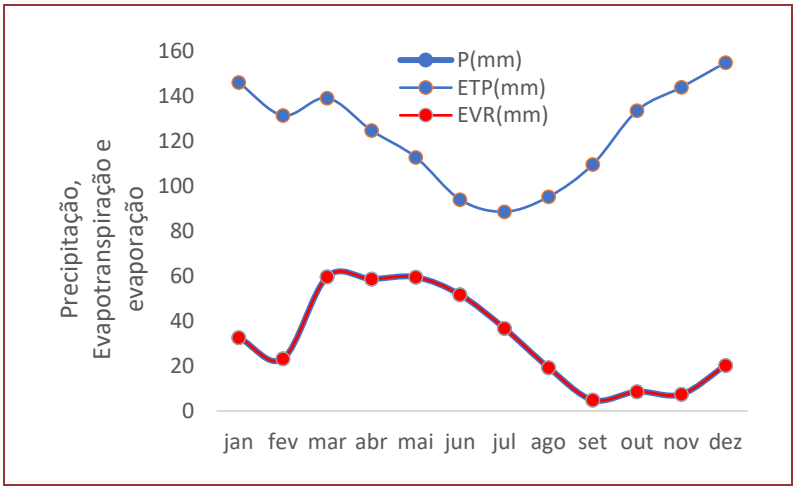
| Código | Descrição | Grupo |
|---|---|---|
| a: Verão quente | T média do ar no mês mais quente > 22°C. | C-D |
| b: verão temperado | T média do ar no mês mais quente < 22°C; T média do ar nos 4 meses mais quentes > 10°C. | C-D |
| c: verão curto e fresco | T média do ar no mês mais quente < 22°C; -T médias do ar > 10°C durante menos de 4 meses; T média do ar no mês mais frio > -38°C. | C-D |
| d: inverno muito frio | T média do ar no mês mais frio <- 38°C. | D |
| h: seco e quente | T média anual do ar > 18°C; Deserto ou semideserto quente (T anual média do ar igual ou superior a 18°C). | B |
| k: seco e frio | T média anual do ar < 18°C; Deserto ou semideserto frio (T anual média do ar igual ou inferior a 18°C). | B |

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Silva et al, (2019) afirmaram que a água é um recurso indispensável e essencial para a manutenção de todas as formas de vida e desenvolvimento socioeconômico das sociedades ao redor do mundo. O conhecimento das características climáticas da região, torna-se fundamental para um melhor planejamento das atividades agrícolas.

Na Figura 2 destacam-se as variações pluvial, evapotranspiração real e evapotranspiração de referência, em milímetros, mensal, para o povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba (1910 a 2023). Os valores pluviais e evaporação são iguais, ou seja, tudo que choveu foi evaporado. Com evapotranspiração (ETP) anual de 1473,7 mm e suas oscilações mensais fluindo entre 88,6 mm (julho) a 159,9 mm (dezembro), estas variabilidades vem a corroborar com os resultados do estudo de Medeiros (2018).

**Figura 2:** Variação da precipitação, evapotranspiração real e evapotranspiração de referência, em milímetros, mensal, para o povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba (1910 a 2023).




Fonte: Medeiros (2026).

Chama-se a atenção quanto a melhor época para realização do plantio das culturas básicas cultivadas na região, onde a semeadura seja feita em períodos de melhor disponibilidade hídrica, visando as fases de maior desenvolvimento das culturas e evitando o período de máxima deficiência de água no solo (Ribeiro et al., 2015).

Passos et al. (2017) mostraram que durante o período de excedente hídrico o solo possui umidade ideal ao crescimento vegetativo garantindo o desenvolvimento suficiente das culturas agrícolas.

Santos et al. (2010), afirma ainda que através da aplicação da metodologia do balanço hídrico mensal é possível determinar um planejamento integrado satisfatório dos recursos hídricos para a região de aplicação dessa metodologia, onde se pode decidir pela aquisição de sistemas de irrigação e cálculo do dimensionamento da lâmina de irrigação, facilitando o manejo da irrigação (quanto e quando irrigar) com base na evapotranspiração local.

A temperatura oscila de 23,4°C (julho) a 27,0°C (dezembro) com 25,6°C de temperatura anual. A precipitação anual é de 382,9 mm e suas flutuações fluindo de 4,9 mm (setembro) a 59,7 mm (março), a mesma variabilidade pode ser observada para a evaporação, ou seja, tudo que chove automaticamente evapora.

A deficiência hídrica anual é de 1090,8 mm e flutuam entre 42,3 mm (junho) a 136,5 mm em novembro, não se registram excedentes hídricos durante o ano.

As colunas Prec/ETP(%) e Prec/EVR(%) representam os percentuais ocorridos pela evapotranspiração e evaporação em relação aos índices pluviais, por exemplo no mês de janeiro evapotranspirou 22,4% acima do valor pluvial do mesmo mês, no caso da evaporação o índice pluvial registrado foi igual ao evaporado.

**Tabela 1:** Elementos do balanço hídrico do período de 2010-2023 no Povoado Ribeira de cabaceira – Paraíba.

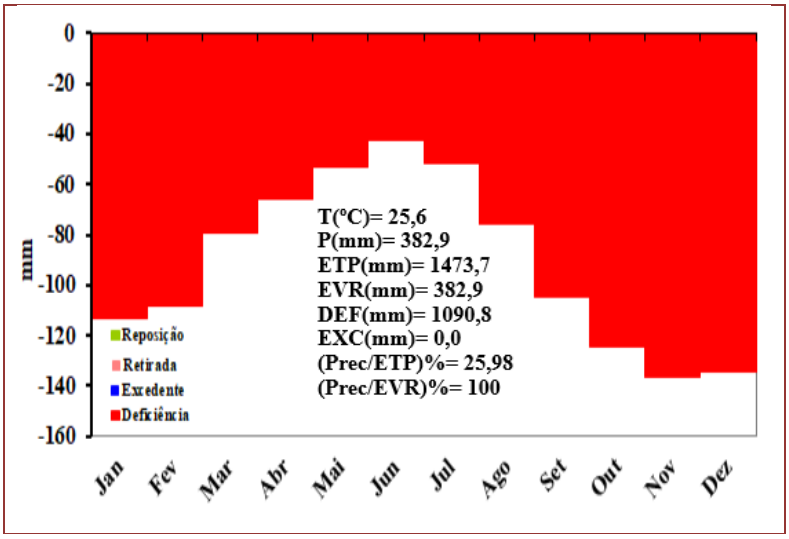
| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,62 | 100 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,06 | 100 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 54,99 | 100 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,54 | 100 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,25 | 100 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,511 | 100 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,474 | 100 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,156 | 100 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,12 | 100 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 25,98 | 100 |

Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 3 tem-se a representação gráfica do balanço hídrico para o povoado de Ribeira de Cabaceiras entre 2010-2023. Durante o período em estudo registrou-se deficiências hídricas 0scilando -50 mm (junho) a -140 mm (novembro), estes resultados corroboram com o estudo de Medeiros (2018).

No interior da figura tem-se os valores anuais para uma melhor visualização e compreensão da variabilidade do balanço hídrico.

**Figura 3:** representação gráfica do balanço hídrico para o povoado Ribeira de Cabaceiras entre 2010-2023.




Fonte: Medeiros (2026).

A Tabela 2 ilustra os tipos de classificações climática para o povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, pelo método de Thornthwaite e Mather (1948; 1955) para o período normal, chuvoso, regular e seco e a classificação de Köppen. Registrando-se quatros tipos de classificações segundo o modelo de Thornthwaite e Mather.

**Tabela 2:** Classificação climática do povoado Ribeira de Cabaceiras, PB, pelo método de Thornthwaite e Mather (1948; 1955) para o período normal, chuvoso, regular e seco e a classificação de Köppen.

| Thornthwaite e Mather | Normal | Chuvoso | Regular | Seco | Köppen |
|---|---|---|---|---|---|
| Classificação | $C_1A'S_2a'$ | $C_2C'_1a'$ | $C_2B'_2a'$ | $C_2E'Ra'$ | BSH |

Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÕES

Os índices pluviais para o povoado em estudo apresentaram pluviometrias isoladas e irregulares durante o ano inteiro devidos seus dados serem interpolados, e nos mostra que no trimestre setembro, outubro e novembro registras as menores pluviometria, salienta-se que ocorrências de chuvas extremas e de curta duração vem ocorrendo na região devidos as mudanças climáticas.

A temperatura média anual é de 25,6 °C, o mês frio (julho) registra temperatura média de 23,4°C e no mês quente (dezembro) a temperatura é de 27,0°C.

As classificações climáticas de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al., (1955) consentiram separar eficazmente os climas na área em estudo, obtendo os tipos: $C_1A'S_2a'$ no período normal, no período chuvoso o tipo é $C_2C'_1a'$, no período regular obteve-se o tipo $C_2B'_2a'$, no período seco o tipo de clima foi classificado como $C_2E'Ra'$. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima é do tipo BSH.

As condições evapotranspirativos, evaporativas e as deficiências hídricas são elevadas, não existindo excedente hídrico entre os meses na série de dados estudado.

No geral, as duas classificações não são excludentes nem divergentes, apenas complementares. Ressaltar que a classificação de Köppen (1931) é mais simplificada, abordando menos itens, com destaque apenas na temperatura e período chuvoso, enquanto a metodologia de Thornthwaite (1948) aborda maior quantidade de variáveis, que além da temperatura, estima qualitativamente a pluviosidade e evapotranspiração potencial regional.

## REFERÊNCIAS

**[1]** ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

**[2]** CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Revista Irriga, v.14, n.1, p. 1-11, 2009.

**[3]** DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia**,** Lavras - MG, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

**[4]** EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos do Nordeste. Unidade de execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife, 2014, p. 8.

**[5]** HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Pantaneira, V. 16. Pag. 57 - 68, UFMS, Aquidauana-MS, 2019.

**[6]** Köppen, W, (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

**[7]** Köppen, W, Geiger, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

**[8]** MAZON, J.; PINO, D. Meteodiversity: a new concept for quantifying meteorological diversity. Weather, v. 72, n. 5, p. 143-145, 2017.

**[9]** MEDEIROS, R.M.; FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; HOLANDA, R.M., WAGNER R.B.; SALATIEL E. Balanço hídrico e seus comparativos com 1996-2005, 2006-2015 em relação a 2015 no município de São Bento do Una - PE. E-Acadêmica. v.3, p.e7532226, 2022.

**[10]** MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M, FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W.R.; PEREIRA, M.L.F.; classificação climática de Köppen na Zona da Mata Pernambucana – Brasil. RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia. v.2, n.5, 2021.

**[11]** MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; VIANA, M. A.; SILVA, V. P. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco – Brazil. Revista de Geografia (Recife), v. 35, n. 3, 2018.

**[12]** MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológicos para o Estado da Paraíba. P150, 2018.

**[13]** MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. Revista Brasileira de Geografia Física. Rio de Janeiro, v. 06, n 04, p 652-664, 2013.

**[14]** MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. 530p.

**[15]** PASSOS, M.L.V.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R.S. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O MUNICÍPIO DE BALSAS-MA. Revista Scientia Agraria, v.18, n.1, p.83-89, 2017.

**[16]** RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M.; SANTOS, A. R. B. Balanço hídrico climatológico para os municípios de Piripiri e São João do Piauí, Piauí, Brasil. Revista Brasileira De Engenharia De Biossistemas, v. 9, n. 3, p. 228-235, 2015.

**[17]** SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water déficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potencial evapotranspiration. Ambi-Água, v.3, n.3, p.28-42, 2008.

**[18]** SILVA, A. O.; MOURA, G. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. Revista Irriga, v. 19, n. 1, p. 46-60, 2014.

**[19]** PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Meteorologia Agrícola. Piracicaba - SP, 2007.

**[20]** PINO, D. et al. Meteorological and hydrological analysis of major floods in NE Iberian Peninsula. J. Hydrol, v. 541, p. 63-89, 2016.

**[21]** SALATI, E.; SANTOS, Â. A.; KLABIN, I. Temas ambientais relevantes, Scielo- ESTUDOS AVANÇADOS 20 (56), p. 107 – 127, 2006.

**[22]** SALES, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA, M. J. A.; GELCER, E. M., SANTOS. R. A.; LIMA, C. F. Ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para São Mateus, ES. Revista Irriga, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 154-167, 2018.

**[23]** SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B.T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4(3): 142-149, 2010.

**[24]** SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, nº. 3, 2010.

**[25]** SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. Irriga, v. 19, n. 1, p. 46, 2019.

**[26]** THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, Nova Iorque, v. 38, n. 1, p. 54-101, 1948.

**[27]** THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. (Climatology, v. 8, n. 1).

# Capítulo 19

## *Estimativa e classificação temporal erosiva empregando diferentes modelos de chuva no povoado ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil*

*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Cristiano José da Silva*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Romildo Morante de Holanda*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Wagner Rodolfo de Araújo*

**Resumo:** Estudos sobre o poder erosivo são eficazes para a concretização de ações de recuperação e manejo do solo na região semiárida Nordestina. Visando analisar a estimativa e classificação temporal erosiva empregando diferentes modelos de chuva entre 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil. Determinou-se o potencial erosivo da chuva, utilizando-se do Coeficiente de Chuva e comparando-se os Índices de Erosivos proposto pelos modelos matemáticos de Santos et al., (2014); Lombardi Neto et al., (1992) e Silva (2004). O modelo Silva é o que mais superestima as avaliações erosivas. A classificação erosiva anual indica que os modelos de Silva e de Lombardi Neto foram classificados como muito forte. O modelo de Santo foi classificado como fraco. A escolha de um modelo inadequado para estimar o EI30 levará a resultados equivocados e não será possível calcular com precisão os valores de perda de solo.

**Palavras-chave:** Estimativa erosiva; Modelos erosivos; Coeficiente chuva; região semiárida Nordestina.

## INTRODUÇÃO

A unidade básica de sustentação em toda a vida é um ecossistema é o solo. Todavia, o mau uso aliado a fatores abióticos muitas vezes limita seu potencial produtivo e, consequentemente, a disponibilidade e a qualidade dos recursos naquele ambiente (Andrade et al., 2020).

Segundo (Santos et al., 2017; Brandão et al., 2023) mostraram que estudos sobre as variabilidades pluviais e seu poder erosivo são essenciais para recuperação, manejo sustentável com maior vulnerabilidade do solo e segurança alimentar em ambientes semiáridos. Tendo como principal agente determinante desse desequilíbrio ambiental é oscilação pluvial como: altura, intensidade, duração, diâmetro e velocidade das gotas, intensidade máxima em 30 minutos e energia cinética (Brasil et al., 2022; Brasil et al., 2024).

Os autores (Guerreiro et al., 2022; Guerreiro et al., 2013 e Andrade et al., 2016) mostraram que na região semiárida brasileira, a pluviometria apresenta-se desiguais na escala espaço temporal, onde as ocorrências pluviais agrupar-se de janeiro e abril e baixa incidência de chuvas nos períodos imediatos do ano. Santos et al, (2017) afirmaram que nesta região, as consequências da erosão hídrica são críticas, por apresentam solos rasos e em diversos locais a flora nativa está sendo substituída por pastagens, entre outras atividades.

Medeiros et al, (2019) determinaram o índice de erosividade para Areia – Paraíba, e os maiores valores erosivos registrou-se de março a agosto, coincidindo com o período chuvoso, e com os restos de cultivos. Entre setembro a fevereiro, ocorreram as reduções erosivas, sendo o seu período seco.

França et al, (2020) aplicaram a técnica da geoespacionalização para gerar mapas pluviais erosivos, analisadas pela equação da perda do solo, probabilidade, tempo de retorno e suas classificações erosivas, para a bacia hidrográfica do rio Paraíba (BHRP). As áreas cultiváveis da BHRP e seus entornos ao longo do seu território, onde as regiões climáticas têm diferentes potencialidades erosivos. Para os autores o estudo contribuiu nos auxílios das políticas de planejamento e das gestões local e regional, como subsídio a novos desenvolvimentos de projeto no combate a erosão.

Diversos pesquisadores correlacionaram o Índice de Erosividade ($EI_{30}$) com o Coeficiente de Chuva ($R_C$), conhecido como Índice de Fournier (Fournier, 1960), que é facilmente obtido a partir do registro dos totais pluviais diários (Ribeiro Filho et al., 2017; França 2021; França 2020; Silva 2001; Silva 2004; Ribeiro Filho et al., 2017e Morais 1991). Modelos foram desenvolvidos para diferentes regiões do Brasil, utilizando parâmetros mais simples como chuva média anual e mensal para determinar o Coeficiente de Chuva e o Índice de Erosividade (Teixeira et al., 2022; Wang et al., 2024). Os mais utilizados são o modelo de Lombardi Neto; Moldenhauer (1992) em Campinas (SP) e Silva (2004) para a região Nordeste do Brasil. O modelo de Santos et al. (2014) foi calibrado na escala de eventos pluviométricos individuais, relacionando o $R_C$ aos dados do $EI_{30}$ estimados pelo modelo padrão de Wischmeier et al, (1978).

De acordo com (Brychta et al., 2022) existem diversas variáveis e formas de quantificar a erosividade de uma região, para tanto, a aquisição de séries climatológicas confiáveis, tempo de resolução dos registros da chuva ainda são fatores limitantes para a realização dessas práticas confiáveis.

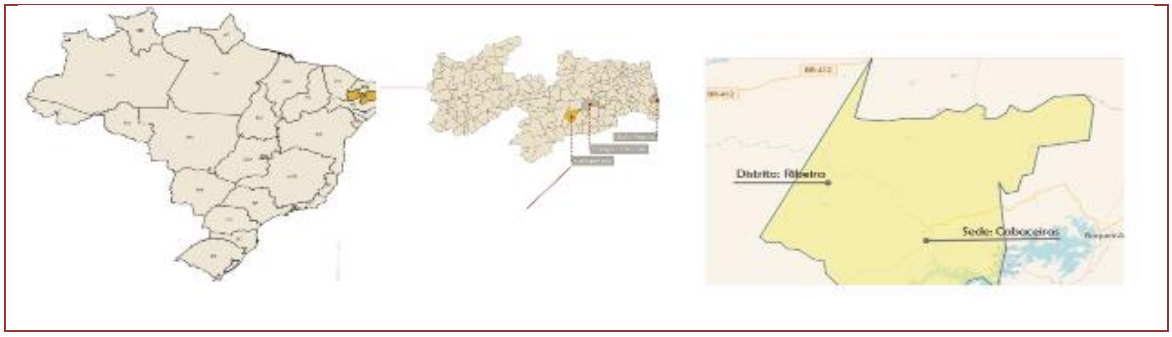
Para Santos et al, (2022); Zhao et al, (2024) as incertezas nos diferentes modelos matemáticos de estimativa do índice erosivo, e sabendo-se que estas estimativas são eficazes para a adoção de medidas de preservação e conservação do solo e água.

Objetiva-se em analisar, estimar temporalmente a erosividade empregando diferentes modelos matemáticos de chuva entre 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira posiciona-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1) no Estado da Paraíba, localiza-se nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude de 391 metros, localizada na área baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

**Figura 1:** Posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

O seu regime pluvial é irregular e mau distribuído, sendo uma característica da região Nordeste, em função disto sua sazonalidade concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses chuvoso, (Silva 2004). Os dados pluviais (mm) foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; Boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista), esta interpolação levou em conta a distância intermunicipais, onde cada local tem seu peso, gerando a série pluvial de 2010 – 2024. Os dados, trabalhados foram as chuvas mensais e anuais. Em seguida, os coeficientes de chuvas ($R_C$) para cada mês foram obtidos através da equação relatada por Fournier (1960), em que $R_C$ é a relação entre a chuva média mensal e chuva média anual (Equação 1):

$$R_c = P^2/p \qquad (1)$$

Onde:

$R_C$ - Coeficiente de chuva para cada mês;

$p^2$ - Chuva média mensal (mm); e

P - chuva média anual (mm).

Após o cômputo dos dados dos coeficientes de chuva para a série de dados trabalhados, utilizou-se de três modelos matemáticos para estimativa do índice de

erosividade ($EI_{30}$) demonstrada na tabela 1 Os modelos 3 e 4 são os mais utilizados para estimativa do $EI_{30}$ no Brasil (Teixeira et al., 2022; Wang et al., 2024), por isso foram usados para comparar o desempenho dos modelos para diferentes condições climáticas em relação área de estudo.

**Tabela 1:** Ordem das equações, modelos matemáticos e Autor (es), anos que desenvolveram os referidos modelos.

| Ordem | Modelos matemáticos | Autor (es), anos |
|---|---|---|
| 2 | $EI_{30} = - 0{,}0787 * R_C^2 + 44{,}201 * R_C$ | Santos et al. (2014) |
| 3 | $EI_{30} = 68{,}730 * R_C^{0{,}841}$ | Lombardi Neto; Moldenhauer (1992) |
| 4 | $EI_{30} = 42{,}307 * R_C + 69{,}763$ | Silva (2004) |

Fonte: Medeiros (2025).

Onde:

$EI_{30}$ - Índice de Erosividade da chuva (MJ $ha^{-1}$ $mm^{-1}$ $h^{-1}$); e

$R_C$ - Coeficiente de chuva mensal (mm).

Para determinar o fator erosividade foram usadas as equações propostas por Santos et al. (2014); Lombardi Neto et al, (1992) e Silva (2004) e sua comparação entre as equações para o uso no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba

Na realização da classificação climática do potencial erosivo anual da chuva, aplicou-se a metodologia desenvolvida por Carvalho (2008), como demonstrada na tabela 2.

**Tabela 2:** Classificação do potencial erosivo anual da chuva.

| Erosividade (Mj (há mm h)$^{-1}$) | Classe de erosividade |
|---|---|
| R ≤ 2452 | Fraca (Fr) |
| 2452 < R ≤ 4905 | Moderada (M) |
| 4905 < R ≤ 7357 | Moderada a forte (MF) |
| 7357 < R ≤ 9810 | Forte (F) |
| R > 9810 | Muito forte (MF) |

Fonte: Carvalho (2008).

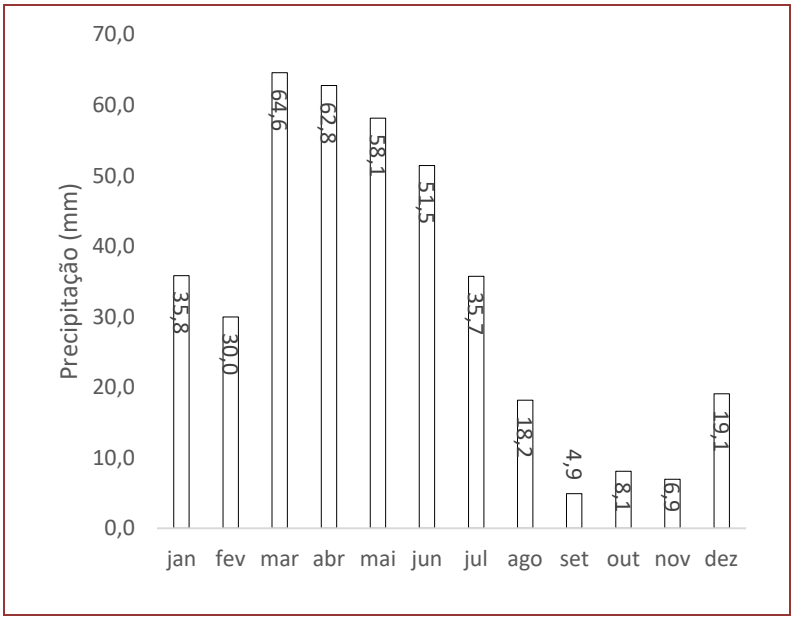
## RESULTADO E DISCUSSÃO

A inclusão do potencial erosivo pluvial afirma a adoção de práticas de conservação e manejo do solo (Matos et al., 2017), portanto, a consignação desses índices no contorno territorial de uma bacia hidrográfica coopera para a redução das taxas de perdas de solo (França et al., 2020). Nesse desígnio, em regiões sob clima tropical as precipitações são elevadas, ocasionando índices superior ao do fator R, especialmente pela alta concentração em épocas específicas do ano (Andrade et al., 2022).

Durante 15 anos de dados coletados, a variabilidade pluvial oscilou de 4,9 mm (setembro) a 64,6 mm (março) (Figura 2), evidenciando a alta variabilidade de distribuição temporal das chuvas durante os eventos, os meses de janeiro a julho registra-se os maiores índices pluviais e entre setembro a novembro os menores, os meses agosto e dezembro registram valores intermediários. Tais variabilidade pluviais foram decorrentes dos movimentos verticais ascendentes e descendentes, formações de linha de

instabilidade e aglomerados convectivos, seguidamente das contribuições regional e local, estas oscilações vem a corroboram com os estudos de Marengo et al, (2020).

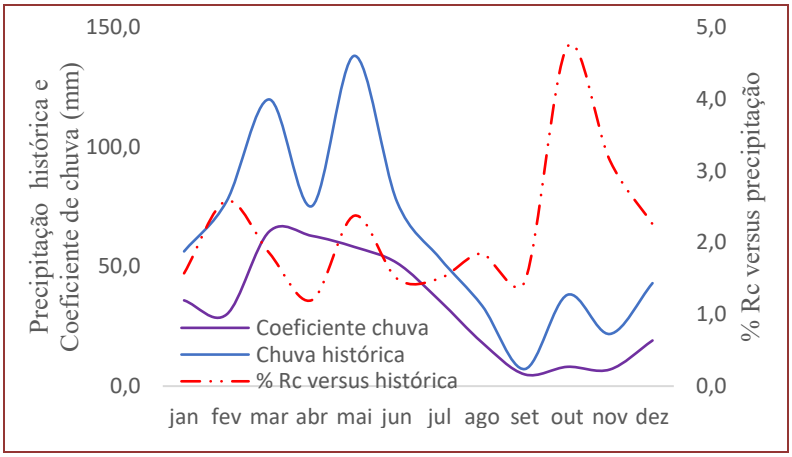
**Figura 2:** Distribuição mensal da pluviometria climatológica entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 3. Tem-se a distribuição pluviometria histórica, coeficiente chuva e percentual coeficiente chuva versus precipitação para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. A precipitação total é de 395,6 mm, o mês de máxima chuva é março com 64,8 mm e o menor volume pluvial registra-se em setembro com 4,9 mm, a variabilidade percentual entre coeficiente de chuva e precipitação histórica flui de 1,2% em abril a 4,7% em outubro, este fator auxilia as ocorrências erosivas.

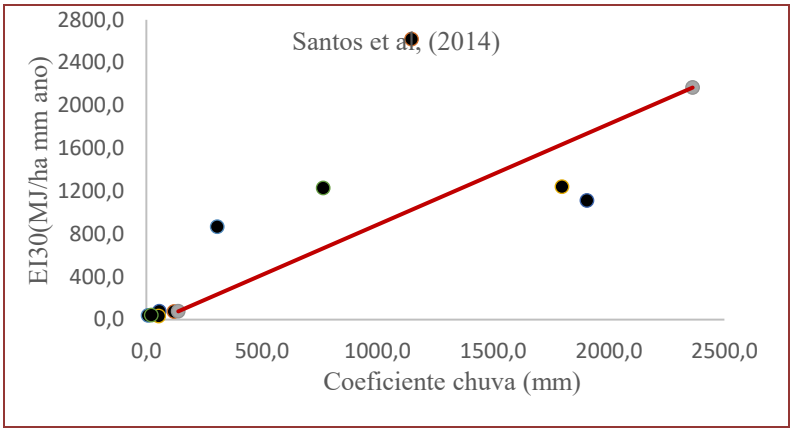
**Figura 3:** Distribuição pluviometria histórica, coeficiente chuva e percentual coeficiente chuva versus precipitação entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 4 tem-se a representação do coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Santos et al, (2014), observam-se que o coeficiente de chuva aumenta linearmente com a erosividade, auxiliando no acréscimo erosivo local, segundo afirma Brychta (2022).

**Figura 4:** Coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Santos et al, (2014), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

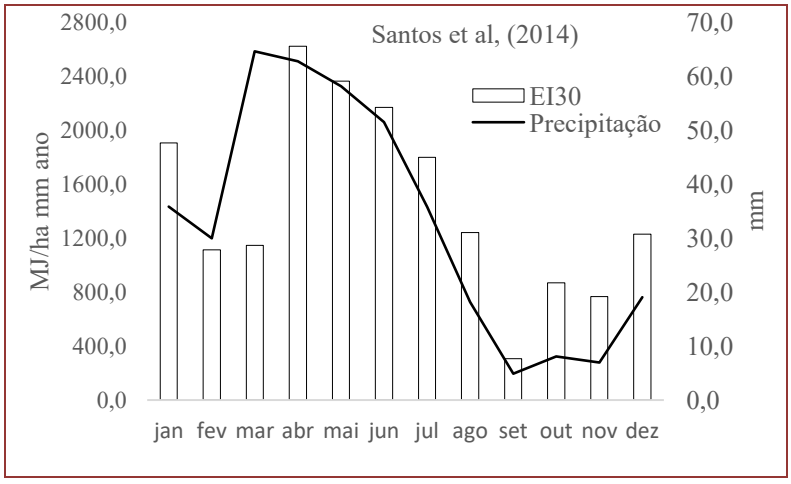



Fonte: Medeiros (2026).

A erosividade registrou maiores valores nos meses de janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto e dezembro (Figura 5), os meses de fevereiro, março, setembro, outubro e novembro registraram os menores índices erosivos, estas variabilidades são decorrentes dos efeitos regionais, locais, e das atuações extremas na área estudada (Medeiros 2020).

O mês de abril registra o maior ($EI_{30}$ = 2620,7 MJ/ha. mm h) com cota de chuva acumulada de 62,8 mm. Em setembro ocorreu o menor índice pluvial (4,9 mm), o EI30 apresentou valores variados na região. O estudo de (França et al., 2020), corroboram com as discussões.

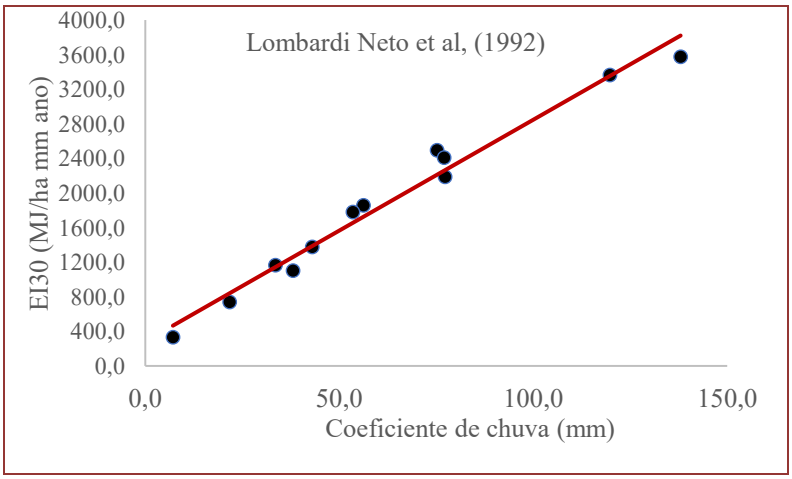
**Figura 5:** Distribuição erosiva e pluviométrica, pelo modelo de Santos et al, (2014), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A representação das contribuições nos auxílios dos planejamentos, assim como nas gestões local e regional, como subsídio a projeto no combate a erosão, a oscilação dos coeficientes de chuvas versus erosividade, nos assegura informações importante. No modelo de Lombardi Neto et al, (1992), Figura 6, detecta-se acréscimo linear do coeficiente de chuva com a erosividade, em outras palavras o poder erosivo do coeficiente é alto, similaridade pode ser vista no estudo de Brandão et al, (2023).

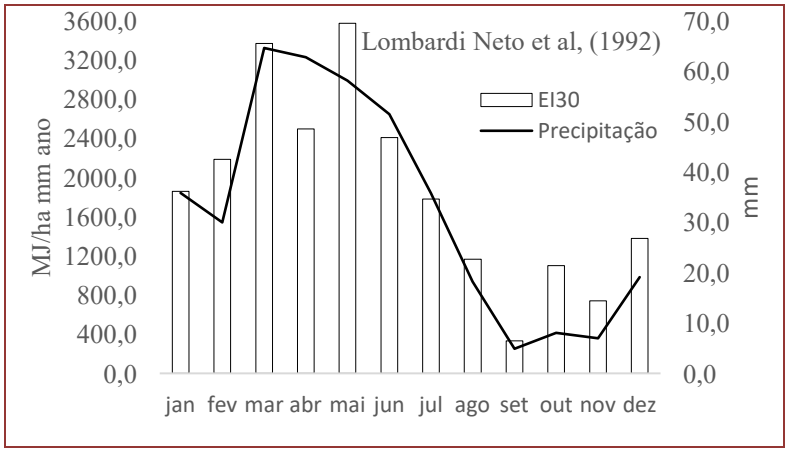
**Figura 6:** Coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Lombardi Neto et al, (1992), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações erosivas e pluviais, registradas pelo modelo de Lombardi Neto et al, (1992), está representada na Figura 7. Destaca-se os meses de maiores erosividade, fevereiro, maio, outubro, novembro e dezembro, assim como os meses de menores que se registrou entre agosto e novembro. As chuvas ocorridas foram má distribuídas e irregulares, ocorrências de chuvas extremas e em curto intervalo de tempo, foram registradas, resultados similares foram detectados por Medeiros (2020).

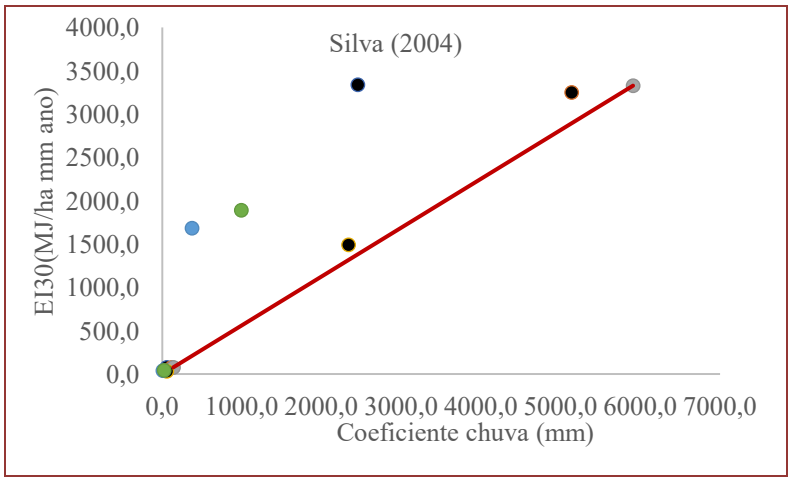
**Figura 7:** Distribuição erosiva e pluviométrica, pelo modelo de Lombardi Neto et al, (1992), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

O modelo Silva (2004), está representado na Figura 8, onde se observam um acréscimo linear do coeficiente de chuva com a erosividade, mais distanciado da nuvem de dados, demostrando o poder erosivo irregular e falho, podendo o coeficiente ser irregular, onde se dever ter maiores segurança para seus aplicativos em determinadas áreas, similaridade ocorrem no estudo de Brandão et al, (2023).

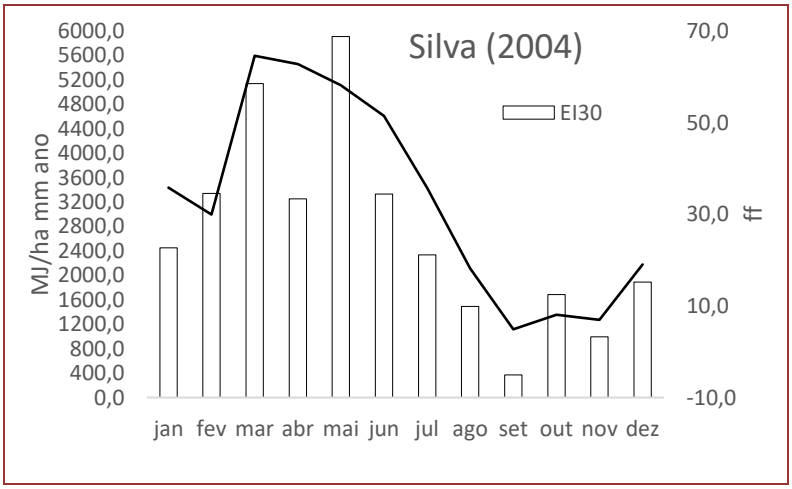
**Figura 8:** Coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Silva (2004), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

As ocorrências de chuvas moderada a forte registradas e de má distribuições e irregularidades, seguidas de ocorrências de chuvas extremas e em curto intervalo de tempo, foram registradas, ocasionadas por formações de linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, pulso isolado da zona de convergência Intertropical, e as contribuições regionais e locais, ocasionado maiores erosividade nos meses de fevereiro, maio, outubro a dezembro. Baixos índices erosivos em janeiro, abril a julho. resultados similares foram detectados por Medeiros (2020).

**Figura 9:** Distribuição erosiva e pluviométrica, pelo modelo de Silva (2004), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Comparando os três modelos de estimativa erosiva, destaca-se que os modelos de Santos et al (2014) e Lombardi Neto et al, (1992) apresentaram os menores valores $EI_{30}$, quando comparado ao modelo de Silva (2004). No modelo de Santos et al, (2014), as oscilações erosivas fluíram de 306,8 MJ $ha^{-1}$ $mm^{-1}$ $h^{-1}$ em setembro a 2620,7 MJ $ha^{-1}$ $mm^{-1}$ $h^{-1}$, com total de 7303,5 MJ $ha^{-1}$ $mm^{-1}$ $h^{-1}$. No modelo dde LombardiNeto et al, (1992) as flutuações erosivas ocorrem entre 331,8 (setembro) a 3574,9 (maio) MJ $ha^{-1}$ mm $h^{-1}$, totalizando 11478,7 MJ $ha^{-1}$ $mm^{-1}$ $h^{-1}$, o modelo de Silva (2004) subestima o poder erosivo em todos os meses. Na classificação o modelo de Santos et al, (2014) é o de melhores classificações

O modelo de Santos et al. (2014) pode ser adotado como padrão quando comparado com os modelos de Lombardi Neto et al., (1992) e Silva (2004), conforme observado na Tabela 3.

**Tabela 3:** Comparativos erosivos entre os modelos obtidos pelo padrão matemático de Santos et al. (2014); Lombardi Neto et al, (1992); Silva (2004) e suas respectivas classificações erosivas determinada pela metodologia de Carvalho (2008).

| Meses | Prec | Santos et al, (2014) | Clas | Lombardi Neto et al, (1992) | Clas. | Silva (2004) | Clas. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 35,8 | 1905,6 | Fr | 1856,6 | Fr | 2451,0 | M |
| Fevereiro | 30,0 | 1112,6 | Fr | 2186,3 | M | 3338,9 | M |
| Março | 64,6 | 1146,2 | Fr | 3366,5 | M | 5136,9 | Mf |
| Abril | 62,8 | 2620,7 | M | 2496,4 | M | 3250,6 | M |
| Maio | 58,1 | 2362,6 | Fr | 3574,9 | M | 5907,8 | Mf |
| Junho | 51,5 | 2167,1 | Fr | 2408,2 | Fr | 3328,0 | M |
| Julho | 35,7 | 1797,6 | Fr | 1780,9 | Fr | 2335,2 | F |
| Agosto | 18,2 | 1240,8 | Fr | 1165,0 | Fr | 1489,4 | F |
| Setembro | 4,9 | 306,8 | Fr | 331,8 | Fr | 370,9 | F |
| Outubro | 8,1 | 867,4 | Fr | 1101,5 | Fr | 1682,8 | F |
| Novembro | 6,9 | 765,4 | Fr | 739,3 | Fr | 991,7 | F |
| Dezembro | 19,1 | 1229,6 | Fr | 1376,1 | Fr | 1889,6 | F |
| Anual | 395,6 | 7303,5 | F | 11478,7 | Mfo | 19549,8 | Mfo |

Legenda: Prec = precipitação; Clas = classificação; Fr = Fraca; M = Moderada; Moderada a forte (Mf); Forte = F; Muito forte (Mfo).

Fonte: Medeiros (2026).

Esses resultados advertem a necessidade de maior e melhor critério na opção de modelo, matemáticos a serem empregado na estimativa do índice de erosividade da chuva (Teixeira et al., 2022; Santos et al., 2022; Brychta et al., 2022; Zhao et al., 2024; Wang et al., 2024; Brasil et al., 2024). Conforme o discutido, torna-se real a precisão de otimizar e aperfeiçoar os modelos de estimativa e classificação erosiva, para se obter melhores resultados (Zhao et al., 2024).

Observa-se que nos modelos trabalhados registrou-se intensa relação com o índice erosivo ($R^2$ = 0,99; 0,99 e 0,97). Pode-se visualizar e afirmar que o modelo Santos et al, (2014) é o modelo básico para o cálculo da erosividade na região semiárida. fornecendo subsídio ao modelo de Lombardi Neto et al, (1992) desenvolvido para outras condições de regiões climáticas, devem ser aplicadas na estimativa da $EI_{30}$ nas regiões semiáridas. Para o modelo Silva (2004) que subestima os valores erosivos, deve-se ter-se cautela na sua aplicabilidade na região semiáridas.

## CONCLUSÃO

O modelo Santos foi o adaptável como padrão para estimativa erosiva. Os maiores valores de estimativa registraram-se de abril a julho e o de menor valor setembro. Abril representa 32% do poder erosivo.

O modelo Silva é o que mais superestima as avaliações erosivas. A classificação erosiva anual indica que os modelos de Silva e de Lombardi Neto foram classificados como muito forte. O modelo de Santo foi classificado como fraco. A escolha de um modelo inadequado para estimar a erosividade levará a resultados equivocados e não será possível calcular com precisão os valores de perda de solo.

## REFERÊNCIAS

**[1]** Andrade, E. M.; Guerreiro, M. J. S.; Palácio, H. A. Q.; Campos, D. A. Ecohydrology in a Brazilian tropical dry forest: thinned vegetation impact on hydrological functions and ecosystem services. Journal of Hydrology: regional studies, v. 27, p. 100649, 2020.https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100649.

**[2]** Andrade, E. M.; Sena, M. G. T.; Da Silva, A. G. R.; Pereira, F. J. S.; Lopes, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. Revista Agro@mbiente On-line, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016. https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3500.

**[3]** Brandão, L. J. A. V., Nascimento, M. R., Noronha, A. B., Do Nascimento, M. R., Barbosa, R. R. S., De Oliveira, J. F.; Dos Santos, C. G. Estimation of the erosive potential of rainfall in the municipality of União dos Palmares-AL. Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 21, n. 7, p. 6793-6814, 2023. https://doi.org/10.55905/oelv21n7-052.

**[4]** Brasil, J. B., Andrade, E. M. D., Araújo de Queiroz Palácio, H., Fernández-Raga, M., Carvalho Ribeiro Filho, J., Medeiros, P. H. A.; Guerreiro, M. S. Canopy effects on rainfall partition and throughfall drop size distribution in a tropical dry forest. Atmosphere, v. 13, n. 7, p. 1126, 2022. https://doi.org/10.3390/atmos13071126.

**[5]** Brasil, J. B., De Andrade, E. M., Guerreiro, M. S., De Queiroz Palácio, H. A., Ribeiro Filho, J. C., Fernández-Raga, M.; Medeiros, P. H. A. Measurement and modelling of kinetic energy and erosivity of rainfall and throughfall in a tropical semiarid region. Journal of Hydrology, v. 644, p. 132088, 2024. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132088.

**[6]** Brychta, J.; Podhrázská, J.; Šťastná, M. Review of methods of spatio-temporal evaluation of rainfall erosivity and their correct application. Catena, v. 217, p. 106454, 2022. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106454.

**[7]** Carvalho, N. O. Hidrossedimentologia prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599p.

**[8]** Costa, G. G.; Meireles, A. C. M.; Oliveira, C. W.; Patrício, E. A.; Carneiro, A. A. C.; Albuquerque, J. H. A.; Brasil, J. B. Caracterização dos eventos de chuva em estação automática no município do Crato-CE. In: Simpósio Brasileiro de Recursos HÍDRICOS, 25., 2019, Recife. Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Sergipe: ABRH, 2023. p. 1-10.

**[9]** França, M. V.; Medeiros, R. M.; Araújo, W. R.; Holanda, R. M. Balanço hídrico e erosivibilidade nas microrregiões do Estado da Paraíba, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, 2020. e789106121, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.6121.

**[10]** França, M. V.; Medeiros, R. M.; Araújo, W. R. Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE–Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e931974892-e931974892, 2020. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4892

**[11]** Fournier, F. Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les préci-pitations atmosphériques. Paris: Presses Universitaires de France, 1960. 198 p.

**[12]** Guerreiro, M. J. S., Andrade, E. D., Abreu, I.; Lajinha, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. International Journal of Climatology, v. 33, n. 14, p. 2929-2939, 2013. https://doi.org/10.1002/joc.3645.

**[13]** Guerreiro, M. S., de Andrade, E. M., De Sousa, M. M. M., Brasil, J. B., Filho, J. C. R.; de Queiroz Palácio, H. A. Contribution of non-rainfall water input to surface soil moisture in a tropical dry forest. Hydrology, v. 9, n. 6, p. 102, 2022. https://doi.org/10.3390/hydrology9060102.

**[14]** Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, v. 51, p. 189-196, 1992. https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009.

**[15]** Matos, R.M.; Silva, P. F.; Medeiros, R. M.; Saboya, L. M. F.; Borges, V. E.; Sobriho, T. G. (2017) Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha–CE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 3, p. 641-649.

**[16]** Ribeiro Filho, J. C.; Santos, J. C. N.; Araújo Neto, J. R.; Aquino Lemos Filho, L. C.; Brasil, J. B. Estimativa das erosividades anuais e mapeamento para o estado do Ceará. Revista Geonorte, v. 8, n. 30, p. 1-15, 2017. https://doi.org/10.21170/geonorte.2017.V.8.N.30.1.15.

**[17]** Silva, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. Catena, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004. https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.11.006.

**[18]** Santos, J. C. N.; Andrade, E. M. ; Palácio, H. A. Q.; Araújo Neto, J. R. ; Ribeiro Filho, J. C. Erosividades das chuvas em Iguatu-CE: correlação com o coeficiente de chuva e aplicação as normais climatológicas do Nordeste. In: Anais... XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014, João Pessoa. XI ENES, 2014.

**[19]** Santos, J. C. N.; Andrade, E. M.; Medeiros, P. H. A.; Guerreiro, M. J. S.; Palácio, H. A. Q. Effect of rainfall characteristics on runoff and water erosion for different land uses in a tropical semiarid region. Water Resources Management, v. 31, n. 1, p. 173-185, 2017. https://doi.org/10.1007/s11269-016-1517-1.

**[20]** Santos, W. P., Avanzi, J. C., Viola, M. R., Chou, S. C., Acuña-Guzman, S. F., Pontes, L. M.; Curi, N. Projections of rainfall erosivity in climate change scenarios for the largest watershed within Brazilian territory. Catena, v. 213, p. 106225, 2022. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106225.

**[21]** Teixeira, D. B. S., Cecílio, R. A., Moreira, M. C., Pires, G. F.; Fernandes Filho, E. I. Recent advancements in rainfall erosivity assessment in Brazil: A review. Catena, v. 219, p. 106572, 2022. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106572.

**[22]** Telles, T. S., Guimarães, M. D. F.; Dechen, S. C. F. The costs of soil erosion. Revista Brasileira de Ciencia do solo, v. 35, p. 287-298, 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200001.

**[23]** Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978.

**[24]** Wang, L.; LI, Y.; Gan, Y.; Zhao, L.; Qin, W.; Ding, L. Rainfall erosivity index for monitoring global soil erosion. Catena, v. 234, p. 107593, 2024. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107593.

**[25]** Zhao, Y.; Zhu, D.; Wu, Z.; Cao, Z. Extreme rainfall erosivity: Research advances and future perspectives. Science of the Total Environment, v. 917, p. 170425, 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170425.

# Capítulo 20

## Variabilidade interanual do balanço hídrico para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010-2023

*Rita de Cassia Cunha Saboya*
*Luciano Marcelo Fallé Saboya*
*Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti*
*Romildo Morante de Holanda*
*Raimundo Mainar de Medeiros*
*Wagner Rodolfo de Araújo*
*Cristiano José da Silva*

**Resumo:** Objetiva-se analisar a disponibilidade hídrica pelo cálculo do balanço hídrico interanual para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre os anos de 2010-2023. Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos. Os dados térmicos (oC) foram gerados pelo software Estima – T disponível na página da Universidade Federal de Campina Grande entre o período de 2010-2023. Para o cálculo do balanço hídrico (BH) interanual utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu do uso de planilhas eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BHC. Com chuvas mal distribuídas no espaço de anos compreendido entre 2010-2023 deixaram os anos sem excedentes hídricos exceto o ano de 2022 que registra nos meses de maio a julho, reposição de água nos anos 2022, 2019, 2010-2012, retirada de água nos anos 2022, 2019, 2010-2012. As deficiências hídricas foram registradas em todos os anos de estudo, devido à má distribuição pluvial e os efeitos regionais e locais. A evapotranspiração superou os índices pluviais em todo período de estudo, e a evaporação igualando aos índices pluviais. Quanto ao plantio deve seguir-se as normas do ministério da agricultura e realizar plantios diretos e de ciclos super precoces. As informações deverão fornecer subsídios aos governos e aos tomadores de decisões nos casos de seca severas e chuvas torrenciais em curto intervalo de tempo.

**Palavras-chave:** Índice pluvial interanual, Evaporação e Evapotranspiração potencial, Região Semiárido, excedentes e deficiências hídrica interanual.

## INTRODUÇÃO

Albuquerque et al, (2018), asseguram que na região semiárida brasileira ocorrem flutuações pluviais e armazenamento d'água irregulares, sendo que estas oscilações pluviais diferir significativamente de um ano para outro, desta forma, necessitasse de gestão adaptadas visando obter uma maior eficiência de uso d'água.

O clima semiárido Brasileiro tem como uma característica é a grande irregularidade pluvial, que integrada com as altas oscilações interanuais, ocasionando impactos diretos sobre as atividades agropecuárias, Oliveira et al. (2017); Martins et al. (2018), afirmaram que as informações que auxiliem no monitoramento dos desenvolvimentos agrícolas venham adequar

maior segurança aos sistemas produtivos sobretudo para a área do semiárido brasileira onde necessidade dos recursos hídricos.

França et al, (2020) avaliaram as condições hídricas dos elementos climáticos e da sua variabilidade da capacidade de campo (CAD) propendendo entender as flutuações erosivas do solo em Amparo de São Francisco – Sergipe, através do computo do balanço hídrico (BH). A metodologia aplicada para o cômputo do balanço hídrico foi de Thornthwaite. As capacidades de campo de 25 mm; 50 mm e 75 mm registraram índices erosivos altos. A CAD de 100 mm; 125 mm e 150 mm anotou erosividade moderada, e índices erosivos fracos para a CAD de 175 mm. Os índices pluviais estudados deverão ocasionar mais incidências erosivas onde se esperam chuvas fortes com grandes magnitudes, amplitude e em curto intervalo de tempo. Os resultados indicam situações críticas das condições do solo estudado, o que poderá ocasionar grandes impactos nos recursos hídricos e para a prática de cultura de sequeiro.

Araújo et al, (2021) avaliaram os cômputos dos balanços hídricos anuais do período 1981-2019 para Lagoa Seco - Paraíba e suas oscilações pluviais e evapotranspirativos, seguidamente de suas reposições, retiradas, deficiências e excedentes hídricos interanuais. Os dados pluviais e térmicos médios mensais e anuais de 1981 a 2019. O balanço hídrico foi computado pela metodologia de Thornthwaite. Os anos que o poder evapotranspirativos foi maior que os índices pluviais registram- se em: 1983-1988; 1990 a 1992; 1994; 1996; 1998; 2000; 2008; 2009 2011 e 2019. Os anos em que os índices evaporativos se ou fluíram igualaram abaixo da pluviometria anual foram: 1981; 1993; 1999; 2004; 2006; 2007; 2012 e 2015. Recomenda-se o auxílio da irrigação, mesmo nos períodos de chuva irregulares, pois conclui-se que o poder evaporativo e evapotranspirativos superam os índices pluviais.

Holanda et al, (2019); Matos et al, (2018), mostraram que o balanço hídrico é obtido computando a demanda e a disponibilidade hídrica por meio dos índices pluviais, evapotranspirativos, evaporativo, armazenamento d'água, e pelo déficit e excesso hídrico. Por meio das informações dos fluxos de entrada (chuva) e saída (evaporação) d'água no solo, o BH, demonstram seus períodos de deficiência e excedente hídrico, fornecendo informações valiosas para os agricultores, pesquisadores e tomadores de decisões, entre tantas outras aplicações da área.

Medeiros (2020) realizou o cômputo do balanço hídrico sequencial para São Bento do Una - PE, propendendo determinar a subsídios ao armazenamento e represamento d'água, em relação à crise hídrica, suscitando e disponibilizando subsídios para preparação de novos planejamento e projeto. Os impactos climáticos vêm causando alterações no BH regional da última década. A degradação ambiental, os efeitos da ação

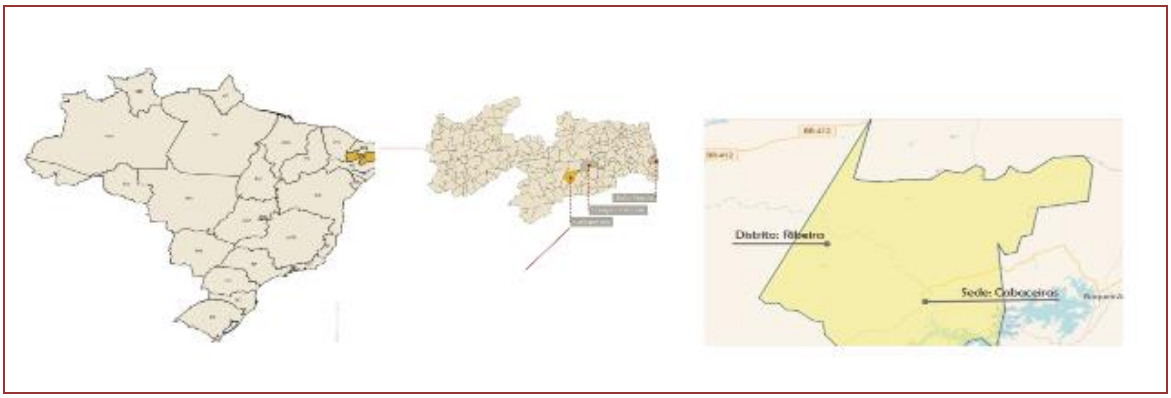
antrópica, vêm antecipando o processo de mudança do clima regional, afetando diretamente as condições do regime pluvial e da disponibilidade d'água no solo. A necessidade da captação d'água de chuva e de outras fontes de armazenamento auxilia a sobrevivência humana, animal, vegetal e contribuem para os setores agropecuários e em particular o setor avícola da região.

Objetiva-se em analisar a disponibilidade hídrica pelo cálculo do balanço hídrico climatológico interanual para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre os anos de 2010-2023.

## MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira está localizado na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1), o povoado limita-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2023). Posicionado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2023).

**Figura 1:** Posicionamento do povoado Ribeira na Paraíba e América do Sul.




Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano Medeiros (2025).

O povoado Ribeira de Cabaceiras insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No município situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa ou comumente conhecido como o açude de Boqueirão (AESA 2023).

Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista). Os dados térmicos (ºC) foram gerados pelo software Estima – T disponível na página da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) entre o período de 2010-2023.

Para o cálculo do balanço hídrico (BH) interanual utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1848), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi de 100 mm, para a efetivação do BHC.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

No Tabela 1 tem-se as variabilidades dos elementos do BH para o ano de 2010 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba. Com temperatura anual de 25,7°C e suas oscilações fluindo de 23,4°C (julho) a 27,4°C (janeiro), a precipitação média anual foi de 383,9 mm e suas oscilações ocorreram entre 0,0 mm (novembro) a 125,0 mm (junho), salienta-se que os valores pluviais registrados foram totalmente evaporados assim que cessou as chuvas, ou seja, tudo que choveu foi evaporado seguidamente. A evapotranspiração anual registrou 1494,7 mm e seus índices mensais oscilaram de 88,1 mm (julho) a 157 mm (janeiro) estas variabilidades deve-se as condições de solo, vegetação e orografia, auxiliado pela intensidade do vento e da radiação solar. Não se registrou excedentes hídricos durante o ano de 2010. As deficiências hídricas fluíram de 0,0 mm (junho) a 137,0 mm (novembro). Nas colunas Prec/ETP(%) e Prec/EVR(%) tem-se o comportamento da precipitação sobre os efeitos evapotranspiradas mês a mês. Tais variabilidades corroboram com o estudo de Medeiros (2018); IPCC (2014) e IPCC (2021).

**Tabela 1:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2010 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 27,4 | 57,3 | 157,0 | 57,4 | 99,6 | 0,0 | 36,5 | 99,9 |
| Fevereiro | 27,1 | 9,9 | 140,6 | 9,9 | 130,7 | 0,0 | 7,0 | 99,8 |
| Março | 26,9 | 32,2 | 149,4 | 32,2 | 117,2 | 0,0 | 21,5 | 100,0 |
| Abril | 26,4 | 39,1 | 133,1 | 39,1 | 94,0 | 0,0 | 29,4 | 100,0 |
| Maio | 25,4 | 5,7 | 117,7 | 5,7 | 112,0 | 0,0 | 4,8 | 100,0 |
| Junho | 24,2 | 125,0 | 95,9 | 95,9 | 0,0 | 0,0 | 130,3 | 130,3 |
| Julho | 23,4 | 21,3 | 88,1 | 35,5 | 52,6 | 0,0 | 24,2 | 60,1 |
| Agosto | 23,7 | 13,2 | 92,7 | 21,4 | 71,4 | 0,0 | 14,2 | 61,8 |
| Setembro | 24,8 | 5,2 | 106,6 | 9,5 | 97,1 | 0,0 | 4,9 | 54,8 |
| Outubro | 25,8 | 50,0 | 128,3 | 51,3 | 77,0 | 0,0 | 39,0 | 97,4 |
| Novembro | 26,5 | 0,0 | 137,8 | 0,8 | 137,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Dezembro | 26,6 | 25,0 | 147,5 | 25,2 | 122,3 | 0,0 | 17,0 | 99,2 |
| Ano | 25,7 | 383,9 | 1494,7 | 383,9 | 1110,8 | 0,0 | 25,7 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Destaca-se que os índices pluviais e a evaporação foram igualadas, tudo que choveu evaporou ao término das chuvas, evapotranspirou 1425,9 mm com 27,7% acima do valor pluvial, os índices térmicos e pluviais anuais foram de 25,3°C e 394,9 mm respectivamente, as deficiências hídricas ocorreram em 11 meses exceto o mês de junho,

ao passo que não ocorreu excedente hídrico. As duas últimas colunas nos fornecem os poderes evapotranspirativos evaporativos em relação aos índices pluviais (Tabela 2).

**Tabela 2:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2011 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,5 | 55,3 | 141,2 | 55,4 | 85,8 | 0,0 | 39,2 | 99,9 |
| Fevereiro | 26,3 | 6,2 | 127,6 | 6,2 | 121,3 | 0,0 | 4,9 | 99,5 |
| Março | 26,0 | 32,2 | 133,6 | 32,2 | 101,4 | 0,0 | 24,1 | 100,0 |
| Abril | 25,5 | 35,4 | 119,6 | 35,4 | 84,2 | 0,0 | 29,6 | 100,0 |
| Maio | 24,8 | 5,6 | 110,0 | 5,6 | 104,4 | 0,0 | 5,1 | 100,0 |
| Junho | 23,8 | 122,2 | 91,9 | 91,9 | 0,0 | 0,0 | 132,9 | 132,9 |
| Julho | 23,2 | 20,8 | 87,3 | 35,5 | 51,8 | 0,0 | 23,8 | 58,6 |
| Agosto | 23,7 | 41,5 | 93,7 | 47,8 | 45,8 | 0,0 | 44,3 | 86,8 |
| Setembro | 24,7 | 4,8 | 106,4 | 10,7 | 95,7 | 0,0 | 4,5 | 44,9 |
| Outubro | 25,8 | 44,4 | 129,2 | 46,3 | 82,9 | 0,0 | 34,4 | 95,9 |
| Novembro | 26,5 | 0,0 | 138,1 | 1,1 | 137,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Dezembro | 26,6 | 26,5 | 147,3 | 26,8 | 120,6 | 0,0 | 18,0 | 99,1 |
| Ano | 25,3 | 394,9 | 1425,9 | 394,9 | 1031,0 | 0,0 | 27,7 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações térmicas fluíram de 23,4°C (julho) a 27,1°C (dezembro) e sua taxa anual de 25,5°C. O ano de 2012 registrou índice pluvial de 593,7 mm e suas flutuações inter mensais fluíram de 0,0 mm (outubro) a 138,4 mm (maio). Evapotranspirou 40,8% acima do valor anual pluvial, a evaporação igualou-se aos índices pluviais, ou seja, tudo que choveu evaporou logo após o término das chuvas. O mês de maio foi caracterizado como um mês atípico onde não ser registrou deficiência hídrica (DEF), o índice anual de DEF foi de 862,3 mm. Não se registrou excedente hídrico durante o ano (Tabela 3).

Estas variabilidades nos elementos do BH podem ser explicadas pela presença dos bloqueios atmosféricos e a não contribuições dos efeitos locais e regionais conforme mostra o estudo de Medeiros (2018); França et al, (2020).

**Tabela 3:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2012 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,4 | 89,0 | 138,7 | 89,0 | 49,6 | 0,0 | 64,2 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,3 | 1,0 | 126,7 | 1,0 | 125,7 | 0,0 | 0,8 | 98,1 |
| Março | 26,0 | 95,6 | 132,7 | 95,6 | 37,1 | 0,0 | 72,0 | 100,0 |
| Abril | 25,6 | 85,0 | 120,8 | 85,0 | 35,8 | 0,0 | 70,4 | 100,0 |
| Maio | 24,9 | 138,4 | 111,7 | 111,7 | 0,0 | 0,0 | 123,9 | 123,9 |
| Junho | 24,0 | 48,1 | 93,2 | 57,8 | 35,4 | 0,0 | 51,6 | 83,2 |
| Julho | 23,4 | 77,1 | 88,9 | 79,0 | 9,9 | 0,0 | 86,7 | 97,6 |
| Agosto | 23,9 | 47,1 | 96,6 | 53,0 | 43,6 | 0,0 | 48,8 | 88,9 |
| Setembro | 25,1 | 0,9 | 111,0 | 7,0 | 104,0 | 0,0 | 0,8 | 12,8 |
| Outubro | 26,1 | 0,0 | 134,5 | 2,3 | 132,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Novembro | 26,9 | 11,0 | 145,3 | 11,6 | 133,7 | 0,0 | 7,6 | 94,9 |
| Dezembro | 27,1 | 0,5 | 156,0 | 0,7 | 155,3 | 0,0 | 0,3 | 75,3 |
| Ano | 25,5 | 593,7 | 1456,0 | 593,7 | 862,3 | 0,0 | 40,8 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Não se registrando excedentes hídricos durante os meses do ano de 2013 (Tabela 4), as deficiências hídricas totalizaram 1254,0 mm, os índices pluviais foram iguais ao índice evaporativo, e evapotranspiração anual é de 1461,9 mm totalizando 14,2% do total anual da chuva a temperatura anual foi de 25,5°C. O estudo de França (2020) e o de Araújo et al, (2021) corroboram com os resultados apresentados.

**Tabela 4:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2013 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 37,0 | 146,7 | 37,0 | 109,7 | 0,0 | 25,2 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 65,0 | 131,8 | 65,0 | 66,8 | 0,0 | 49,3 | 100,0 |
| Março | 26,4 | 34,2 | 139,6 | 34,2 | 105,4 | 0,0 | 24,5 | 100,0 |
| Abril | 25,9 | 1,9 | 124,1 | 1,9 | 122,2 | 0,0 | 1,5 | 100,0 |
| Maio | 24,8 | 19,0 | 110,2 | 19,0 | 91,2 | 0,0 | 17,2 | 100,0 |
| Junho | 23,8 | 29,2 | 90,7 | 29,2 | 61,5 | 0,0 | 32,2 | 100,0 |
| Julho | 23,2 | 18,9 | 85,7 | 18,9 | 66,8 | 0,0 | 22,0 | 100,0 |
| Agosto | 23,7 | 0,0 | 93,8 | 0,0 | 93,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Setembro | 24,9 | 1,3 | 109,0 | 1,3 | 107,7 | 0,0 | 1,2 | 100,0 |
| Outubro | 26,0 | 1,4 | 132,5 | 1,4 | 131,1 | 0,0 | 1,1 | 100,0 |
| Novembro | 26,8 | 0,0 | 143,3 | 0,0 | 143,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Dezembro | 27,0 | 0,0 | 154,6 | 0,0 | 154,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ano | 25,5 | 207,9 | 1461,9 | 207,9 | 1254,0 | 0,0 | 14,2 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos do balanço hídrico no ano de 2014 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba podem serem observados na Tabela 5 que registraram temperatura anual de 25,5°C, precipitação total anual de 320,1 mm, a evapotranspiração anual foi de 1487,5 mm, a evaporação anual é igual ao índice pluvial anual. Não se registrou excedentes hídricos e a deficiência anual foi de 1167,4 mm, evapotranspirou 21,5% acima do índice anual de chuva, estas variabilidades foram decorrentes da má distribuição pluvial ocasionada pelos bloqueios atmosféricos e as não contribuições dos efeitos local e regional, as similaridades das discussões podem serem vistas nos estudos de Araújo et al, (2021) e Medeiros (2018).

**Tabela 5:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2014 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,7 | 0,2 | 144,1 | 0,2 | 143,9 | 0,0 | 0,1 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,4 | 2,0 | 128,8 | 2,0 | 126,8 | 0,0 | 1,6 | 100,0 |
| Março | 26,2 | 8,2 | 136,6 | 8,2 | 128,4 | 0,0 | 6,0 | 100,0 |
| Abril | 25,9 | 90,0 | 124,1 | 90,0 | 34,1 | 0,0 | 72,5 | 100,0 |
| Maio | 25,3 | 21,3 | 116,3 | 21,3 | 95,0 | 0,0 | 18,3 | 100,0 |
| Junho | 24,3 | 33,9 | 96,7 | 33,9 | 62,8 | 0,0 | 35,0 | 100,0 |
| Julho | 23,5 | 58,4 | 89,3 | 58,4 | 30,9 | 0,0 | 65,4 | 100,0 |
| Agosto | 24,0 | 30,2 | 96,8 | 30,2 | 66,6 | 0,0 | 31,2 | 100,0 |
| Setembro | 25,1 | 7,7 | 111,7 | 7,7 | 104,0 | 0,0 | 6,9 | 100,0 |
| Outubro | 26,3 | 7,0 | 137,0 | 7,0 | 130,0 | 0,0 | 5,1 | 100,0 |
| Novembro | 27,0 | 32,5 | 147,2 | 32,5 | 114,7 | 0,0 | 22,1 | 100,0 |
| Dezembro | 27,2 | 28,7 | 158,7 | 28,7 | 130,0 | 0,0 | 18,1 | 100,0 |
| Ano | 25,7 | 320,1 | 1487,5 | 320,1 | 1167,4 | 0,0 | 21,5 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

O ano de 2015 (Tabela 6) registrou variabilidade térmica fluindo de 23,9°C (julho) a 27,9°C (dezembro) e com 26,0°C anual. A precipitação anual foi de 466,7 mm fluindo de 2,7 mm (março) a 112,8 mm (maio). A ETP anual registrada foi de 1554,8 mm e suas flutuações mensais fluindo entre 93,6 mm (julho) a 174,1 mm (dezembro), salienta-se que evapotranspirou 30% acima do valor pluvial anual. Os valores da evaporação foram iguais aos índices pluviais, o que choveu foi evaporado. Registrou-se deficiências hídricas em todos os meses do ano. Não ocorreu excedentes hídricos visto que as chuvas ocorridas não ultrapassaram a capacidade de campo neste ano. As colunas Prec/ETP(%) e Prec/EVR(%) nos mostram os percentuais evapotranspiradas e evaporado mês a mês em relação a chuva. Resultados similares foram detectados por Araújo et al, (2021).

**Tabela 6:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2015 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,9 | 4,2 | 148,3 | 4,2 | 144,1 | 0,0 | 2,8 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,7 | 106,3 | 133,3 | 106,3 | 27,0 | 0,0 | 79,7 | 100,0 |
| Março | 26,4 | 2,7 | 140,2 | 2,7 | 137,5 | 0,0 | 1,9 | 100,0 |
| Abril | 26,1 | 55,7 | 126,7 | 55,7 | 71,0 | 0,0 | 43,9 | 100,0 |
| Maio | 25,5 | 112,8 | 118,4 | 112,8 | 5,6 | 0,0 | 95,3 | 100,0 |
| Junho | 24,4 | 36,7 | 97,8 | 36,7 | 61,1 | 0,0 | 37,5 | 100,0 |
| Julho | 23,9 | 38,0 | 93,6 | 38,0 | 55,6 | 0,0 | 40,6 | 100,0 |
| Agosto | 24,4 | 13,1 | 100,7 | 13,1 | 87,6 | 0,0 | 13,0 | 100,0 |
| Setembro | 25,6 | 7,5 | 118,0 | 7,5 | 110,5 | 0,0 | 6,4 | 100,0 |
| Outubro | 26,7 | 3,8 | 144,5 | 3,8 | 140,7 | 0,0 | 2,6 | 100,0 |
| Novembro | 27,6 | 6,9 | 159,2 | 6,9 | 152,3 | 0,0 | 4,3 | 100,0 |
| Dezembro | 27,9 | 79,0 | 174,1 | 79,0 | 95,1 | 0,0 | 45,4 | 100,0 |
| Ano | 26,0 | 466,7 | 1554,8 | 466,7 | 1088,1 | 0,0 | 30,0 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

O índice térmico anual de 25,9° C e suas oscilações inter meses fluindo de 23,6°C (julho) a 27,7°C (janeiro), com índice pluvial anual de 221,8 mm e suas oscilações variando de 0,3 mm (novembro) a 66,2 mm (abril). A ETP oscila de 88,9 mm (julho) a 164,2 mm (janeiro), totalizando 1532,6 mm ano. Salienta-se que os valores pluviais foram iguais aos valores evaporados. Com 1310,8 mm ano foi o valor da deficiência hídrica para o ano de 2016 (Tabela 7), não se registrou excedente hídrico durante o ano em estudo, nas colunas Prec/ETP(%) e Prec/EVR(%) tem-se os valores mensais evaporativos em relação a precipitação registrada. Similaridade de resultados podem serem lidos nos artigos de França et al, (2020) e Araújo et al, (2021).

**Tabela 7:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2016 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 27,7 | 55,0 | 164,2 | 55,0 | 109,2 | 0,0 | 33,5 | 100,0 |
| Fevereiro | 27,3 | 31,2 | 143,6 | 31,2 | 112,4 | 0,0 | 21,7 | 100,0 |
| Março | 27,0 | 2,1 | 151,6 | 2,1 | 149,5 | 0,0 | 1,4 | 100,0 |
| Abril | 26,4 | 66,2 | 131,9 | 66,2 | 65,7 | 0,0 | 50,2 | 100,0 |
| Maio | 25,4 | 9,6 | 117,3 | 9,6 | 107,7 | 0,0 | 8,2 | 100,0 |
| Junho | 24,3 | 16,4 | 95,9 | 16,4 | 79,5 | 0,0 | 17,1 | 100,0 |
| Julho | 23,6 | 7,2 | 88,9 | 7,2 | 81,7 | 0,0 | 8,1 | 100,0 |
| Agosto | 24,0 | 8,2 | 95,2 | 8,2 | 87,0 | 0,0 | 8,6 | 100,0 |
| Setembro | 25,1 | 7,5 | 109,9 | 7,5 | 102,4 | 0,0 | 6,8 | 100,0 |
| Outubro | 26,1 | 3,1 | 133,7 | 3,1 | 130,6 | 0,0 | 2,3 | 100,0 |
| Novembro | 26,8 | 0,3 | 143,8 | 0,3 | 143,5 | 0,0 | 0,2 | 100,0 |
| Dezembro | 27,1 | 15,0 | 156,6 | 15,0 | 141,6 | 0,0 | 9,6 | 100,0 |
| Ano | 25,9 | 221,8 | 1532,6 | 221,8 | 1310,8 | 0,0 | 14,5 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

O ano de 2017 (Tabela 8) registra temperatura anual de 25,7°C, precipitação anual de 172,8 mm, evapotranspiração de 1485,2 mm e evaporação de 172,8 mm, deficiência hídrica totalizando 1312,4 mm e sem ocorrência de excedente hídrico em todos os meses. Evapotranspirou 14,5% do valor acima do índice pluvial, estas oscilações foram ocasionadas pela não atuações dos sistemas de meso e microescala e dos seus auxílios regional e local, resultados similares foram detectados por Medeiros (2018).

**Tabela 8:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2017 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,9 | 1,4 | 148,3 | 1,4 | 146,9 | 0,0 | 0,9 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,8 | 0,7 | 134,8 | 0,7 | 134,1 | 0,0 | 0,5 | 100,0 |
| Março | 26,5 | 1,6 | 142,3 | 1,6 | 140,7 | 0,0 | 1,1 | 100,0 |
| Abril | 26,0 | 60,0 | 126,5 | 60,0 | 66,5 | 0,0 | 47,4 | 100,0 |
| Maio | 25,2 | 16,6 | 115,6 | 16,6 | 99,0 | 0,0 | 14,4 | 100,0 |
| Junho | 24,2 | 30,4 | 95,5 | 30,4 | 65,1 | 0,0 | 31,8 | 100,0 |
| Julho | 23,6 | 43,4 | 90,1 | 43,4 | 46,7 | 0,0 | 48,2 | 100,0 |
| Agosto | 24,0 | 6,4 | 96,5 | 6,4 | 90,1 | 0,0 | 6,6 | 100,0 |
| Setembro | 25,0 | 7,9 | 109,6 | 7,9 | 101,7 | 0,0 | 7,2 | 100,0 |
| Outubro | 26,0 | 2,4 | 132,6 | 2,4 | 130,2 | 0,0 | 1,8 | 100,0 |
| Novembro | 26,7 | 0,0 | 142,2 | 0,0 | 142,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Dezembro | 26,8 | 2,0 | 151,4 | 2,0 | 149,4 | 0,0 | 1,3 | 100,0 |
| Ano | 25,7 | 172,8 | 1485,2 | 172,8 | 1312,4 | 0,0 | 11,6 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

No ano de 2018 (Tabela 9) as chuvas registradas foram de baixa magnitudes e intensidades gerando um total anual de 234,7 mm com oscilações mensais fluindo de 0,0 mm (setembro/outubro) a 92,5 mm (março). Os Índices térmicos oscilam de 23,4°C a 27,3°C com total anual de 25,5°C. A ETP anual de 1471,0 mm, fluindo de 88,3 mm (julho) a 161,1 mm (dezembro). Os valores da EVR foram iguais aos pluviométricos, significando

que tudo que choveu evaporou. A deficiência anual foi 1236,3 mm, não se registrou evaporação. As colunas Prec/ETP(%) e Prec/EVR(%) mostram os valores evaporativos mensais em relação a pluviometria. As oscilações nos elementos meteorológicos ocorridos durante o ano foram ocasionadas pelos sistemas de bloqueios atmosféricos, a má distribuição dos efeitos de meso e microescala e a ausência dos efeitos regionais e locais, resultados com similaridades podem serem vistos nos estudos de Araújo et al, (2022) e França et al (2020).

**Tabela 9:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2018 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,6 | 19,4 | 142,5 | 19,4 | 123,1 | 0,0 | 13,6 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,4 | 7,8 | 127,7 | 7,8 | 119,9 | 0,0 | 6,1 | 100,0 |
| Março | 26,1 | 92,5 | 135,4 | 92,5 | 42,9 | 0,0 | 68,3 | 100,0 |
| Abril | 25,7 | 75,0 | 121,3 | 75,0 | 46,3 | 0,0 | 61,8 | 100,0 |
| Maio | 24,9 | 12,4 | 110,4 | 12,4 | 98,0 | 0,0 | 11,2 | 100,0 |
| Junho | 23,9 | 7,6 | 92,1 | 7,6 | 84,5 | 0,0 | 8,2 | 100,0 |
| Julho | 23,4 | 2,1 | 88,3 | 2,1 | 86,2 | 0,0 | 2,4 | 100,0 |
| Agosto | 23,9 | 0,3 | 95,3 | 0,3 | 95,0 | 0,0 | 0,3 | 100,0 |
| Setembro | 25,1 | 0,0 | 110,9 | 0,0 | 110,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Outubro | 26,3 | 0,0 | 136,8 | 0,0 | 136,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Novembro | 27,1 | 13,0 | 149,0 | 13,0 | 136,0 | 0,0 | 8,7 | 100,0 |
| Dezembro | 27,3 | 4,6 | 161,1 | 4,6 | 156,5 | 0,0 | 2,9 | 100,0 |
| Ano | 25,5 | 234,7 | 1471,0 | 234,7 | 1236,3 | 0,0 | 16,0 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 10 registrou-se temperatura anual de 25,3°C, pluviometria de 309,0 mm igualando-se aos índices evaporativo, evapotranspiração 1430,6 mm com 21,6% evapotranspiradas acima do valor pluvial, as deficiências hídricas totalização 1121,6 mm e não se registrou excedente hídrico durante o ano, as chuvas ocorridas não foram necessárias e suficientes para atingir ou ultrapassar a capacidade de água disponível no solo,

**Tabela 10:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2019 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,3 | 22,5 | 137,0 | 22,5 | 114,5 | 0,0 | 16,4 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,1 | 15,0 | 123,6 | 15,0 | 108,6 | 0,0 | 12,1 | 100,0 |
| Março | 25,9 | 50,6 | 132,0 | 50,6 | 81,4 | 0,0 | 38,3 | 100,0 |
| Abril | 25,4 | 84,2 | 117,9 | 84,2 | 33,7 | 0,0 | 71,4 | 100,0 |
| Maio | 24,7 | 16,6 | 108,3 | 16,6 | 91,7 | 0,0 | 15,3 | 100,0 |
| Junho | 23,7 | 19,4 | 90,8 | 19,4 | 71,4 | 0,0 | 21,4 | 100,0 |
| Julho | 23,2 | 61,2 | 86,4 | 61,2 | 25,2 | 0,0 | 70,8 | 100,0 |
| Agosto | 23,7 | 35,4 | 94,5 | 35,4 | 59,1 | 0,0 | 37,5 | 100,0 |
| Setembro | 24,9 | 3,3 | 109,0 | 3,3 | 105,7 | 0,0 | 3,0 | 100,0 |
| Outubro | 26,1 | 0,4 | 133,6 | 0,4 | 133,2 | 0,0 | 0,3 | 100,0 |
| Novembro | 26,7 | 0,3 | 142,6 | 0,3 | 142,3 | 0,0 | 0,2 | 100,0 |
| Dezembro | 27,0 | 0,1 | 154,7 | 0,1 | 154,6 | 0,0 | 0,1 | 100,0 |
| Ano | 25,3 | 309,0 | 1430,6 | 309,0 | 1121,6 | 0,0 | 21,6 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

As chuvas ocorridas ou registradas no ano de 2020 (Tabela 11) foram suficientes para ultrapassar a capacidade de água disponível do solo, deixando os índices pluviais com 407,7 mm e não reduzir os valores evaporativo e nem causar excedentes hídricos, evapotranspirou 31,9% acima das chuvas ocorridas, as deficiências hídricas totalizaram 1005,9 mm, resultados similares foram discutidos no estudo de Araújo et al, (2022).

**Tabela 11:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2020 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,9 | 7,7 | 148,0 | 7,7 | 140,3 | 0,0 | 5,2 | 99,8 |
| Fevereiro | 26,7 | 32,2 | 132,9 | 32,2 | 100,7 | 0,0 | 24,2 | 100,0 |
| Março | 26,5 | 225,0 | 141,1 | 141,1 | 0,0 | 0,0 | 159,5 | 159,5 |
| Abril | 26,0 | 87,0 | 126,4 | 114,3 | 12,1 | 0,0 | 68,9 | 76,1 |
| Maio | 25,1 | 55,8 | 114,3 | 80,9 | 33,4 | 0,0 | 48,8 | 69,0 |
| Junho | 24,1 | 29,2 | 94,7 | 44,3 | 50,3 | 0,0 | 30,8 | 65,8 |
| Julho | 23,4 | 12,9 | 88,0 | 21,6 | 66,5 | 0,0 | 14,7 | 59,9 |
| Agosto | 23,8 | 2,4 | 94,2 | 7,0 | 87,2 | 0,0 | 2,5 | 34,1 |
| Setembro | 24,9 | 10,8 | 108,4 | 12,7 | 95,7 | 0,0 | 10,0 | 84,9 |
| Outubro | 26,0 | 0,2 | 132,2 | 1,1 | 131,2 | 0,0 | 0,2 | 19,0 |
| Novembro | 26,7 | 4,4 | 142,3 | 4,6 | 137,7 | 0,0 | 3,1 | 95,0 |
| Dezembro | 27,0 | 3,1 | 154,1 | 3,2 | 151,0 | 0,0 | 2,0 | 98,1 |
| Ano | 25,6 | 470,7 | 1476,6 | 470,7 | 1005,9 | 0,0 | 31,9 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 12 observam-se as flutuações dos elementos do balanço hídrico no ano de 2021 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba. Onde evapotranspirou 25,4% acima do total anual pluvial que foi de 371,0 mm, os valores da evaporação foram iguais aos índices pluviais, com 1088,2 mm de deficiência hídrica anual, as duas últimas colunas nos mostram os poderes evaporativos mensais em relação a chuva. As chuvas ocorridas sofreram bloqueios, atmosféricos, má distribuição e não receberam auxílios regional e local, para França et al, (2022) as similaridades no seu estudo são bastante expressivas.

**Tabela 12:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2021 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 27,0 | 34,6 | 148,8 | 34,6 | 114,2 | 0,0 | 23,2 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,7 | 24,4 | 133,9 | 24,4 | 109,5 | 0,0 | 18,2 | 100,0 |
| Março | 26,5 | 60,2 | 141,2 | 60,2 | 81,0 | 0,0 | 42,6 | 100,0 |
| Abril | 26,0 | 55,3 | 126,1 | 55,3 | 70,8 | 0,0 | 43,8 | 100,0 |
| Maio | 25,1 | 61,0 | 113,8 | 61,0 | 52,8 | 0,0 | 53,6 | 100,0 |
| Junho | 24,0 | 44,4 | 93,9 | 44,4 | 49,5 | 0,0 | 47,3 | 100,0 |
| Julho | 23,3 | 39,1 | 87,7 | 39,1 | 48,6 | 0,0 | 44,6 | 100,0 |
| Agosto | 23,7 | 18,4 | 93,2 | 18,4 | 74,8 | 0,0 | 19,7 | 100,0 |
| Setembro | 24,8 | 3,1 | 106,5 | 3,1 | 103,4 | 0,0 | 2,9 | 100,0 |
| Outubro | 25,8 | 0,1 | 128,7 | 0,1 | 128,6 | 0,0 | 0,1 | 100,0 |
| Novembro | 26,5 | 0,2 | 138,0 | 0,2 | 137,8 | 0,0 | 0,1 | 100,0 |
| Dezembro | 26,6 | 30,2 | 147,4 | 30,2 | 117,2 | 0,0 | 20,5 | 100,0 |
| Ano | 25,5 | 371,0 | 1459,2 | 371,0 | 1088,2 | 0,0 | 25,4 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 13 tem-se as flutuações dos elementos do balanço hídrico no ano de 2022 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba, sendo considerado um ano muito chuvoso com total anual de 778,4 mm com flutuações mensais oscilando de 0,2 mm (setembro) a 263,4 mm (maio). A temperatura anual foi de 25,4°C. Evapotranspirou 1440,7 mm, chovendo 54% acima do valor evapotranspiradas a evaporação total foi de 720,6 mm. Registrou-se excedente hídrico em três meses totalizando 58,3 mm, as deficiências hídricas ocorreram em nove meses totalizando 720,6 mm. Os fatores provocadores de chuvas na área de estudo atuaram com bastante significância ocasionando chuvas acima dos padrões normais. Resultados similares foram detectados por Medeiros (2020).

**Tabela 13:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2022 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,5 | 50,4 | 139,9 | 50,8 | 89,2 | 0,0 | 36,0 | 99,3 |
| Fevereiro | 26,3 | 0,3 | 127,1 | 0,5 | 126,7 | 0,0 | 0,2 | 61,7 |
| Março | 26,0 | 118,5 | 133,1 | 118,5 | 14,6 | 0,0 | 89,0 | 100,0 |
| Abril | 25,6 | 36,6 | 120,2 | 36,6 | 83,6 | 0,0 | 30,4 | 99,9 |
| Maio | 24,9 | 263,4 | 110,9 | 110,9 | 0,0 | 52,5 | 237,6 | 237,6 |
| Junho | 23,9 | 95,4 | 92,6 | 92,6 | 0,0 | 2,8 | 103,1 | 103,1 |
| Julho | 23,3 | 91,0 | 88,1 | 88,1 | 0,0 | 2,9 | 103,3 | 103,3 |
| Agosto | 23,8 | 46,8 | 95,1 | 85,1 | 10,0 | 0,0 | 49,2 | 55,0 |
| Setembro | 24,9 | 0,2 | 108,7 | 41,0 | 67,6 | 0,0 | 0,2 | 0,5 |
| Outubro | 26,0 | 0,4 | 131,8 | 15,6 | 116,1 | 0,0 | 0,3 | 2,6 |
| Novembro | 26,7 | 28,4 | 141,7 | 32,2 | 109,5 | 0,0 | 20,0 | 88,2 |
| Dezembro | 26,8 | 47,0 | 151,6 | 48,2 | 103,4 | 0,0 | 31,0 | 97,6 |
| Ano | 25,4 | 778,4 | 1440,7 | 720,1 | 720,6 | 58,3 | 54,0 | 108,1 |

Fonte: Medeiros (2026).

Nos valores anuais registraram-se temperatura de 25,6°C, precipitação 434,4 mm sendo igual ao valor evaporado, evapotranspirou 1469,9 mm com 29,6% dos valores acima do índice pluvial, as deficiências hídricas totalizaram 1035,5 mm, não se registrou excedentes hídricos. O ano de 2023 (Tabela 14) foi caracterizado com chuva moderada a forte ocasionado temporais em tempo isolados de alta magnitude e intensidade.

**Tabela 14:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2023 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,6 | 24,0 | 142,3 | 24,0 | 118,3 | 0,0 | 16,9 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,4 | 22,1 | 128,3 | 22,1 | 106,2 | 0,0 | 17,2 | 100,0 |
| Março | 26,4 | 79,7 | 140,1 | 79,7 | 60,4 | 0,0 | 56,9 | 100,0 |
| Abril | 26,1 | 50,1 | 128,1 | 50,1 | 78,0 | 0,0 | 39,1 | 100,0 |
| Maio | 24,5 | 95,3 | 104,8 | 95,3 | 9,5 | 0,0 | 90,9 | 100,0 |
| Junho | 24,1 | 85,7 | 94,7 | 85,7 | 9,0 | 0,0 | 90,5 | 100,0 |
| Julho | 23,6 | 23,8 | 90,3 | 23,8 | 66,5 | 0,0 | 26,4 | 100,0 |
| Agosto | 23,9 | 7,0 | 95,1 | 7,0 | 88,1 | 0,0 | 7,4 | 100,0 |
| Setembro | 25,0 | 9,0 | 109,1 | 9,0 | 100,1 | 0,0 | 8,3 | 100,0 |
| Outubro | 26,2 | 7,8 | 134,7 | 7,8 | 126,9 | 0,0 | 5,8 | 100,0 |
| Novembro | 26,9 | 6,9 | 146,0 | 6,9 | 139,1 | 0,0 | 4,7 | 100,0 |
| Dezembro | 27,1 | 23,0 | 156,4 | 23,0 | 133,4 | 0,0 | 14,7 | 100,0 |
| Ano | 25,6 | 434,4 | 1469,9 | 434,4 | 1035,5 | 0,0 | 29,6 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos do balanço hídrico no ano de 2010-2023 (Tabela 15) no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba, registraram temperatura anual de 25,6°C, índice pluvial de 382,9 mm, evapotranspiração de 1473,7 mm com 26% de evapotranspiração acima da pluviometria, a evaporação igualou-se aos índices pluviais, registrou-se deficiências hídricas de 1091,8 mm se ocorrência de excedentes hídricos, resultados similares podem ser observados no estudo de Araújo et al, (2021).

**Tabela 15:** Elementos do balanço hídrico no ano de 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Meses | T (°C) | P (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Prec/ETP (%) | Prec/EVR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janeiro | 26,8 | 32,7 | 146,0 | 32,7 | 113,3 | 0,0 | 22,4 | 100,0 |
| Fevereiro | 26,6 | 23,2 | 131,4 | 23,2 | 108,2 | 0,0 | 17,6 | 100,0 |
| Março | 26,3 | 59,7 | 139,1 | 59,7 | 79,4 | 0,0 | 42,9 | 100,0 |
| Abril | 25,9 | 58,7 | 124,7 | 58,7 | 66,0 | 0,0 | 47,1 | 100,0 |
| Maio | 25,0 | 59,5 | 112,8 | 59,5 | 53,2 | 0,0 | 52,8 | 100,0 |
| Junho | 24,1 | 51,7 | 94,0 | 51,7 | 42,3 | 0,0 | 55,0 | 100,0 |
| Julho | 23,4 | 36,8 | 88,6 | 36,8 | 51,8 | 0,0 | 41,5 | 100,0 |
| Agosto | 23,9 | 19,3 | 95,2 | 19,3 | 75,9 | 0,0 | 20,3 | 100,0 |
| Setembro | 25,0 | 4,9 | 109,6 | 4,9 | 104,6 | 0,0 | 4,5 | 100,0 |
| Outubro | 26,1 | 8,6 | 133,5 | 8,6 | 124,9 | 0,0 | 6,5 | 100,0 |
| Novembro | 26,8 | 7,4 | 143,9 | 7,4 | 136,5 | 0,0 | 5,2 | 100,0 |
| Dezembro | 27,0 | 20,3 | 154,9 | 20,3 | 134,6 | 0,0 | 13,1 | 100,0 |
| Ano | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 26,0 | 100,0 |

Fonte: Medeiros (2026).

As finalidades dos índices climáticos: aridez, umidade e hídrico é a caracterização climática de uma área e/ou região. A utilização dos índices e verificar possíveis alterações em função da capacidade de água disponível no solo (CAD) assim como sua classificação climática.

O Índice de Aridez caracteriza-se por indicar a deficiência hídrica expressa em percentagem da evapotranspiração potencial (necessidade). O índice de umidade representa o excesso hídrico expresso em percentagem da necessidade que é representada pela evapotranspiração potencial, ambas anuais.

A Tabela 16 demonstram as oscilações pluviais, térmicas, evapotranspiração, evaporação deficiências, excedentes hídricos e os índices de umidade, aridez e hídrico para 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceira.

O ano com maior registro de temperatura foi 2015 com 26°C e o de menor oscilação térmica foi 2011 e 2019 com 25,3°C.

A maior incidência pluvial foi no ano de 2022 com 778,4 mm e sua menor variabilidade pluvial ocorreu no ano de 2017 com 172,8 mm.

Os valores da evaporação inter anos foram iguais aos valores pluviais. A maior taxa de evapotranspiração registrou-se no ano de 2015 com 1554,8 mm e sua menor taxa verificou-se no ano de 2019 com 1430,6 mm.

O único ano de excedente hídrico foi 2022 com 58,3 mm. A deficiências hídricas fluíram de 862,3 mm (2012) a 1312,4 mm (2017).

O índice de umidade oscilou de 50 (2022) a 88,4 (2°17); os índices de aridez flutuam entre 0,5 (2022) a 0,9 (2013, 2016, 2017). Os índices hídricos fluem de -0,3 (2022) a -0,5 (2013, 2016, 2017, 2018 e 2019).

Estas variabilidades corroboram com os estudos de França et al, (2021) e Medeiros (2018). Os elementos meteorológicos foram ocasionados por bloqueios atmosféricos, não contribuição aos efeitos de microescala, regional e local.

**Tabela 16:** Demonstrativos dos elementos anuais dos balanços hídricos e dos índices: Umidade, aridez e hídrico dos anos de 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba.

| Anos | Temp (°C) | Prec (mm) | ETP (mm) | EVR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | Índice Umidade ($I_u$) | Índice Aridez ($I_a$) | Índice Hídrico ($I_h$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | 25,7 | 383,9 | 1494,7 | 383,9 | 1110,8 | 0,0 | 74,3 | 0,7 | -0,4 |
| 2011 | 25,3 | 394,9 | 1425,9 | 394,9 | 1031,0 | 0,0 | 72,3 | 0,7 | -0,4 |
| 2012 | 25,5 | 593,7 | 1456,0 | 593,7 | 862,3 | 0,0 | 59,2 | 0,6 | -0,4 |
| 2013 | 25,5 | 207,9 | 1461,9 | 207,9 | 1254,0 | 0,0 | 85,8 | 0,9 | -0,5 |
| 2014 | 25,7 | 320,1 | 1487,5 | 320,1 | 1167,4 | 0,0 | 78,5 | 0,8 | -0,5 |
| 2015 | 26,0 | 466,7 | 1554,8 | 466,7 | 1088,1 | 0,0 | 70,0 | 0,7 | -0,4 |
| 2016 | 25,9 | 221,8 | 1532,6 | 221,8 | 1310,8 | 0,0 | 85,5 | 0,9 | -0,5 |
| 2017 | 25,7 | 172,8 | 1485,2 | 172,8 | 1312,4 | 0,0 | 88,4 | 0,9 | -0,5 |
| 2018 | 25,5 | 234,7 | 1471,0 | 234,7 | 1236,3 | 0,0 | 84,0 | 0,8 | -0,5 |
| 2019 | 25,3 | 309,0 | 1430,6 | 309,0 | 1121,6 | 0,0 | 78,4 | 0,8 | -0,5 |
| 2020 | 25,6 | 470,7 | 1476,6 | 470,7 | 1005,9 | 0,0 | 68,1 | 0,7 | -0,4 |
| 2021 | 25,5 | 371,0 | 1459,2 | 371,0 | 1088,2 | 0,0 | 74,6 | 0,7 | -0,4 |
| 2022 | 25,4 | 778,4 | 1440,7 | 720,1 | 720,6 | 58,3 | 50,0 | 0,5 | -0,3 |
| 2023 | 25,6 | 434,4 | 1469,9 | 434,4 | 1035,5 | 0,0 | 70,4 | 0,7 | -0,4 |
| 2010-2023 | 25,6 | 382,9 | 1473,7 | 382,9 | 1090,8 | 0,0 | 74,0 | 0,7 | -0,4 |

Legenda: Temp (°C) = Temperatura; Prec (mm) = Precipitação; ETP (mm) = Evapotranspiração; EVR (mm) = Evaporação; DEF (mm) = Deficiência hídrica; EXC (mm) = Excedente hídrico;

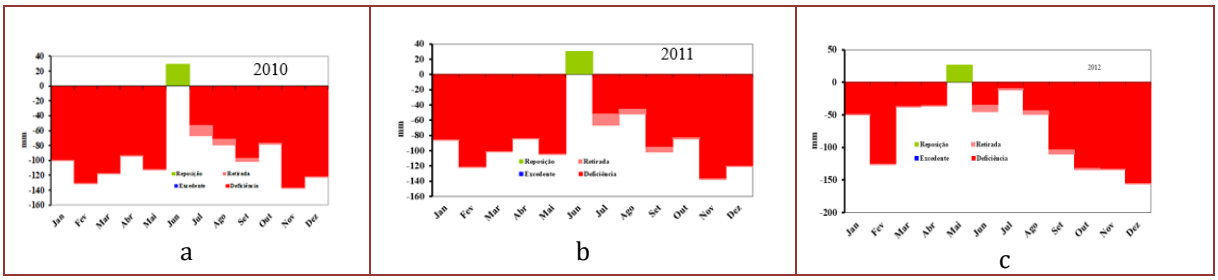
Fonte: Medeiros (2026).

A figura 2a corresponde ao computo do balanço hídrico (BH) do ano de 2010, predomina as deficiências hídricas entre os meses de julho a maio, o mês de junho registrou-se reposição de água no solo por volta de 20 mm, ocasionado por chuvas moderadas e isoladas, o estudo de Araújo et al, (2021) apresentam similaridades com as discussões.

Com pequena porção de água reposta ao solo e com intensa deficiência hídrica registrada em 11 meses devidos as não contribuições dos efeitos regionais e locais e os bloqueios dos sistemas de meso e microescala nos fatores provocadores e inibidores das chuvas na área de estudo para o ano de 2011 (Figura 2b). O estudo de França et al, (2020) corroboram com as discussões.

As chuvas ocorridas no ano de 2012 (Figura 2c) no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba, foram melhores que as cotas pluviais dos dois anos anteriores, ocorrendo reposição de água no mês de maio, e pequena deficiência hídrica no mês de julho, nos demais meses do ano civil predominaram as deficiências hídricas moderadas a forte, os estudos de Araújo et al, (2021); França et al, (2020) tem similaridades com as discussões.

**Figura 2:** Representatividade gráfica dos balanços hídricos dos anos de (a)2010, (b)2011 e (c)2012 no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba.



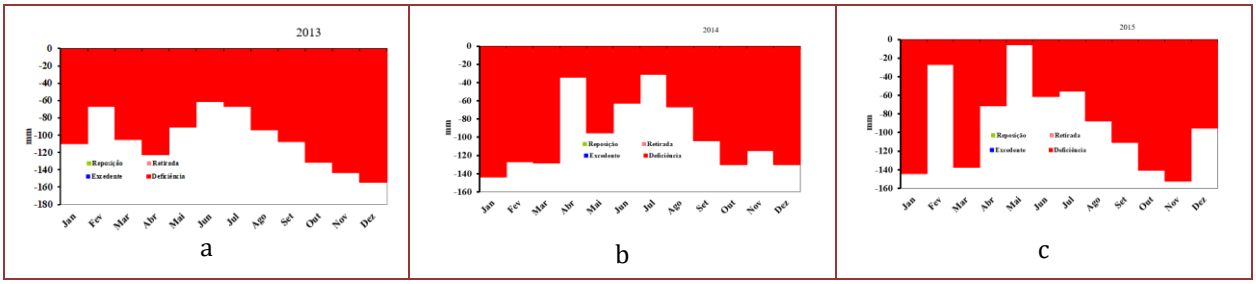

a b c

Fonte: Medeiros (2026).

Os índices pluviais registrados no ano de 2013 (Figura 3a) não foram necessários para ultrapassar a capacidade de campo de 100 mm, deixando todos os meses com deficiências hídricas acentuadas, O estudo de Matos et al, (2018) demostram similaridades nos resultados.

Na Figura 3b observam-se as variabilidades das deficiências hídricas ocorridas no ano de 2014, ocasionadas pela má distribuição pluvial, provocadas pelos bloqueios atmosféricos de larga e microescala e a não contribuição dos efeitos regionais e locais, tais similaridades podem serem discutidas no artigo de França et al, (2020). Os sistemas provocadores de chuvas para ano 2015 (Figura 3c) não conseguira ultrapassar a capacidade de campo de 100 mm e ocasionaram deficiências hídricas de moderadas a intensas no ano em estudo. Os resultados do estudo de Medeiros (2018) corroboram com as discussões.

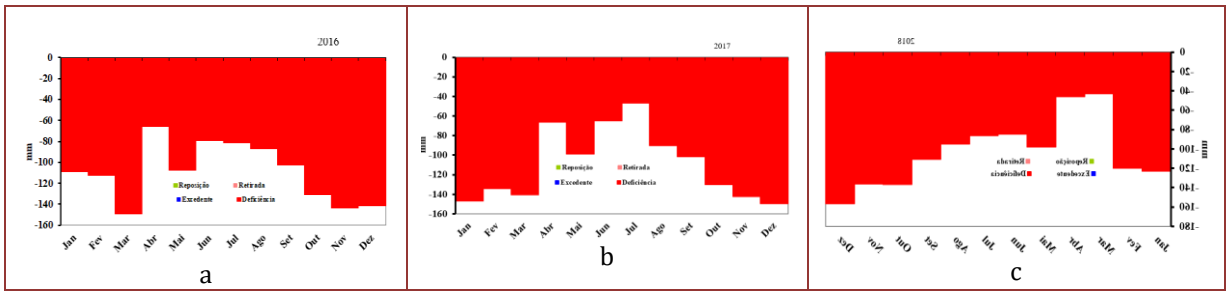
**Figura 3:** Representatividade gráfica dos balanços hídricos dos anos de (a)2013, (b)2014 e (c)2015 no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

A figura 4a corresponde ao gráfico do BH do ano de 2016, onde as chuvas registradas foram bem abaixo da capacidade de campo (CAD) deixando os meses com deficiências hídricas moderadas a forte. Estas variabilidades de deficiências foram decorridas dos sistemas atmosféricos com bloqueios, e a má distribuição das contribuições locais e regional, o estudo de França et al, (2020) corrobora com os resultados discutidos. Observam-se na figura 4b predominância de deficiência hídrica forte ocasionada pela má distribuição pluvial e as não contribuições dos sistemas atmosféricos local e regional. Com predominância de deficiência em todos os meses de ano de 2018 ocasionadas pela má distribuição pluvial e a não participação dos efeitos atmosféricos regional, conforme visto na figura 4c e as similaridades encontradas no estudo de Araújo et al, (2021).

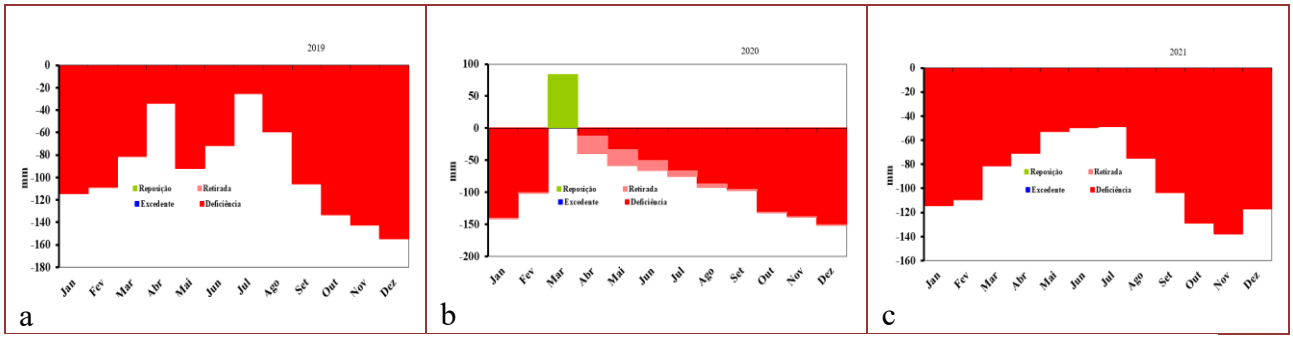
**Figura 4:** Representatividade gráfica do balanço hídricos dos anos de (a)2016, (b)2017 e (c)2018 no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

Nas figuras 5a e 5c a capacidade de campo (CAD 100 mm) não foi suficiente para a não ocorrência dos outros elementos do BH, o que ocasionou deficiências hídricas moderadas a forte nos respectivos anos de 2019 e 2021. Na figura 5b registra-se reposição de água no solo no mês de março seguidamente de retirada d'água entre os meses de abril a agosto, demostrando que no ano de 2020 as chuvas foram de melhor distribuição e o trabalho de Araújo et al, (2021) corrobora com as discussões.

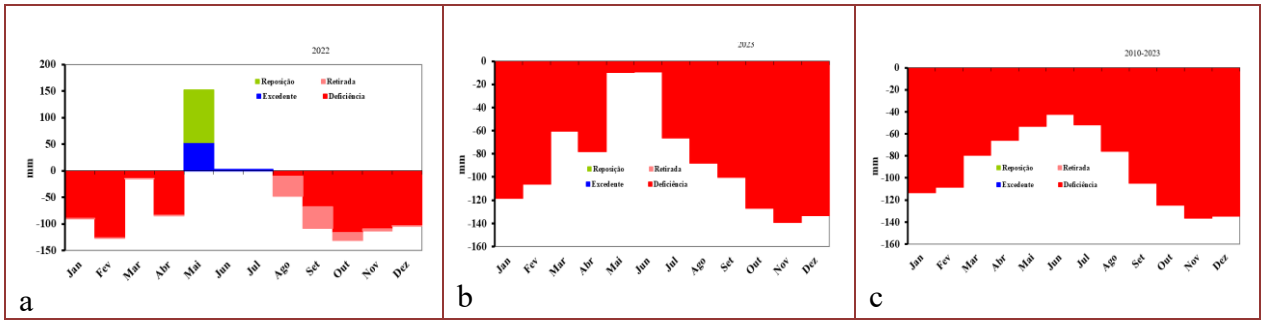
**Figura 5:** Representatividade gráfica dos balanços hídricos dos anos de (a)2019, (b)2020 e (c)2021 no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

O ano de 2022 (Figura 6a) choveu 263,9 mm no mês de maio e ocasionou excedentes nos meses de junho e julho, além de também ocasionar reposição de água no solo para o mês de maio, entre agosto e outubro registra-se retirada d'água do solo, nos demais meses do ano de 2022 registra-se deficiências hídricas fraca a moderada. Nas figuras 6b e 6c registrou-se deficiências hídricas de moderada a forte ocasionadas pela má contribuição dos efeitos local e regional. O estudo de Araújo et al (2021) tem similaridade com as discussões.

**Figura 6:** Representatividade gráfica dos balanços hídricos dos anos de (a)2022, (b)2023 e (c)2010-2023 no povoado Ribeira de Cabaceiras Paraíba.




Fonte: Medeiros (2026).

## CONCLUSÕES

Com chuvas más distribuídas no espaço de anos compreendido entre 2010-2023 deixaram os anos sem excedentes hídricos exceto o ano de 2022 que registra nos meses de maio a julho, reposição de água nos anos 2022, 2019, 2010-2012, retirada de água nos anos 2022, 2019, 2010-2012.

As deficiências hídricas foram registradas em todos os anos de estudo, devido à má distribuição pluvial e os efeitos regionais e locais.

A evapotranspiração superou os índices pluviais em todo período de estudo, e a evaporação igualando aos índices pluviais.

Quanto ao plantio deve seguir as normas do ministério da agricultura e realizar plantios diretos e de ciclos super precoces.

As informações deverão fornecer subsídios aos governos e aos tomadores de decisões nos casos de seca severas e chuvas torrenciais em curto intervalo de tempo.

## REFERÊNCIAS

**[1]** Albuquerque, F. S.; Silva, E. F. F.; Lopes, P. M. O.; Moura, G. B. A.; Silva, A. O. (2018). Condições hídricas e crescimento vegetal de culturas agrícolas importantes para comunidades indígenas do semiárido brasileiro. Revista Ceres [online] 65.

**[2]** Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

**[3]** Araújo, W. R.; Medeiros, R. M.; Holanda, R. M.; Saboya, L. M. F.; França, M. V.; Rolim Neto. F. C. (2021). Variabilidade interanual do balanço hídrico em Lagoa Seca, Paraíba – Brasil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar ISSN 2675-6218

**[4]** França, M. V.; Medeiros, R. M.; Araújo, W. R.; Holanda, R. M. Balanço hídrico para diferentes capacidades de campo e a variabilidade erosiva pluvial no munícipio de Amparo de São Francisco – SE, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. eXX, (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409.

**[5]** Holanda, R. M.; Medeiros, R. M. (2019). Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Revista Pantaneira, 16, 57 - 68.

**[6]** Matos, R. M.; Silva, P. F.; Borges, V. E.; Sobrinho, T. G.; Dantas Neto, J.; Saboya, L. M. F. (2018). Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online] 12. 10.7127/RBAI.V12N100732.

**[7]** Martins, M. A.; Tomasella, J.; Rodriguez, D. A.; Alvalá, R. C. S.; Giarolla, A.; Garofolo, L. L.; Siqueira Júnior, J. L.; Paolicchi, L. T. L. C.; Pinto, G. L. N. (2018). Improvingdrought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. Agricultural Systems*, v. 160,* p. 21-30.

**[8]** Medeiros, R. M.; França, M. V.; Saboya, L. M. F.; Holanda, R. M.; Wagner R. B.; Salatiel, E. Balanço hídrico e seus comparativos com 1996-2005, 2006-2015 em relação a 2015 no município de São Bento do Una - PE. E-Acadêmica. v.3, p.e7532226, 2022.

**[9]** Medeiros, R. M. Estudo agrometeorológicos para o Estado da Paraíba. P150, 2018.

**[10]** Medeiros, R. M.; santos, D. C.; Sousa, F. A. S.; Gomes Filho, M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. Revista Brasileira de Geografia Física. Rio de Janeiro, v. 06, n 04, p 652-664, 2013.

**[11]** Oliveira, P. T.; Silva, C. M. S.; Lima, K. C. (2017). Climatology and trend analysis of extreme precipitation in sub regions of Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, 130(1-2), 77-90.

**[12]** Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, Nova Iorque, v. 38, n. 1, p. 54-101, 1948.

**[13]** Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. (Climatology, v. 8, n. 1).

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

editorapoisson